ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 JANVIER 1958.

PRÉSIDENCE DE M. PAUL MONTEL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Léon Moret**, élu Membre non résidant le 25 novembre 1957 en remplacement de M. *Luc Picart*, décédé, est introduit en séance par M. le Secrétaire perpétuel pour les sciences chimiques et naturelles.

M. le Président lui souhaite la bienvenue et l'invite à prendre place parmi ses Confrères.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Relation entre les espèces végétales et leur teneur en manganèse.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Lazare Silberstein**.

Nous avons rapporté comment nous avions été conduits à effectuer une enquête sur près de 400 espèces de plantes phanérogames, voulant nous assurer s'il existe, comme il semblait, une relation systématique entre les espèces végétales et les proportions de manganèse rencontrées dans leurs tissus (1).

Les résultats obtenus ont été favorables à la suggestion de départ (2). Dans la suite, le nombre des espèces n'apparaissant peut-être pas assez grand encore pour éliminer toutes les objections, telles que coïncidences en plus ou en moins, etc., nous avons continué nos récoltes et nos analyses. Le tableau de ces nouveaux résultats, joints à ceux obtenus depuis le début de notre enquête (en tout 501 échantillons comprenant 462 espèces), a été publié, espèce par espèce, dans un Mémoire des *Annales agronomiques*, en 1955 (3).

Au fur et à mesure de la poursuite de notre enquête, le nombre des plantes non examinées se réduisait. D'autre part, en raison de l'exigence des conditions que devaient remplir les échantillons pour être récoltables, il fallait aussi se déplacer de plus en plus pour les rencontrer, ce qui augmentait à la fois les pertes de temps et les dépenses.

Nous avons décidé néanmoins d'utiliser ces deux dernières années soit à augmenter le plus possible les nombres d'espèces à comparer de certains groupes, soit à permettre d'incorporer, s'il s'en rencontrait, des espèces possédant quelque particularité intéressante.

Ces ultimes récoltes ont été faites principalement dans le Finistère, le Limousin (principalement à Gorre) et le Sud-Ouest de la France, aussi en Suisse, dans les environs du lac de Brienz, et jusqu'en Appenzell.

Elles nous ont permis de réaliser l'analyse de 150 échantillons, dont 137 appartiennent à des espèces n'ayant pas encore été analysées.

Avec les 501 échantillons des *Annales agronomiques*, cela fait un total de 651 échantillons correspondant à 599 espèces de plantes phanérogames récoltées en bon état et en plein développement.

Voici les résultats de ces analyses, présentés en un tableau comparatif à cinq colonnes : la première donne les noms des familles végétales, les deux suivantes reproduisent sans changement les résultats publiés dans les *Comptes rendus de l'Académie* en 1952 ([4]) et les deux dernières rassemblent la totalité des résultats acquis depuis le commencement de notre enquête jusqu'à ce jour, soit au total 599 ou, en nombre rond, 600 espèces.

Noms des familles.	Nombre d'espèces analysées.	Manganèse par espèce (mg/kg de matière sèche).	Nombre d'espèces analysées.	Manganèse par espèce (mg/kg de matière sèche).
Dicotylédones.				
Renonculacées	23	103,5	25	97,8
Crucifères	26	43,8	38	45,7
Caryophyllées	21	110,4	34	107,8
Légumineuses	25	76,7	45	65,0
Rosacées	13	130,4	17	112,8
Ombellifères	14	64,3	19	55,5
Composées	34	62,3	62	56,7
Boraginées	10	67,9	12	62,4
Solanées	11	65,0	15	59,7
Scrofulariées	12	470,6	29	346,8
Labiées	26	65,0	39	67,3
Salsolacées	11	39,1	13	30,8
Polygonacées	11	65,0	13	66,8
Autres familles Dicotylédones	81	109,1	159	90,1
Monocotylédones.				
Graminées	35	77,5	37	82,5
Autres Monocotylédones	36	126,5	42	124,9

Il y a des familles qui ne renferment pas assez d'espèces, au moins dans les régions que nous avons parcourues, pour permettre d'en rassembler une dizaine. Elles sont rangées sous l'appellation « Autres familles ».

Lorsque nous avons, pour une raison ou une autre, eu affaire à plusieurs échantillons d'une même espèce, c'est de la moyenne des chiffres trouvés que nous avons tenu compte comme teneur en manganèse de cette espèce.

Rappelons que nous avons observé qu'à moins d'avoir affaire, dans une série de plantes de la même famille, à une espèce assez exceptionnellement riche ou pauvre en manganèse, l'excès ou le défaut étant dilué dans le nombre, on ne s'éloigne pas beaucoup de la teneur moyenne des plantes de cette famille en l'évaluant déjà à partir d'une dizaine d'espèces (4).

L'examen des chiffres présentés dans le tableau fait ressortir d'une façon remarquable la réalité d'une relation entre les espèces végétales et les proportions du manganèse qu'on rencontre dans leurs tissus. Malgré l'existence de quelques espèces exceptionnellement riches ou pauvres en oligoélément, les différences de teneur moyenne entre les récoltes se sont généralement tenues à environ plus ou moins 5 %.

Ces résultats ne sont pas seulement importants au point de vue théorique, ils sont aussi intéressants dans certains cas à retenir en agriculture (5).

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2386 et *Ann. Inst. Pasteur*, 86, 1954, p. 370.

(2) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1458 et *Ann. Inst. Pasteur*, 86, 1954, p. 372.

(3) *Ann. agron.*, n° 4, 1955, p. 523-537. Une erreur importante est à corriger p. 525 dans le tableau : à la ligne Scrofulariées 21, 32,6, *lire*, au lieu de ce dernier nombre, 326,0.

(4) *Loc. cit.* (2).

(5) Le tableau des résultats par espèce paraîtra dans les *Annales agronomiques*.

MÉDECINE. — *Sur les modifications du métabolisme des lipides au cours de l'intoxication par l'Amanite phalloïde.* Note de MM. **Léon Binet**, **Josef Hrachovec** et Mlle **Michèle Leblanc**.

L'hyperlipémie, avec augmentation de la teneur du plasma sanguin en cholestérol libre et estérifié, en phosphore lipidique et en substances insaponifiables X, la stéatose hépatique et l'augmentation de la teneur du muscle en acides gras au cours de l'intoxication phalloïdienne semblent être dues à une *diminution* de la capacité de combustion des lipides, plutôt qu'à une *intensification* de leur transport.

Depuis que l'un de nous avec J. Marek a démontré que l'intoxication phalloïdienne aiguë est caractérisée par une hypoglycémie qui constitue l'élément majeur de ce syndrome humoral (1), l'étude des modifications du métabolisme des glucides au cours de cette intoxication a fait l'objet de nombreux travaux (2). A côté d'une atteinte de la corticosurrénale (3), de lésions de néphrite subaiguë, de la disparition du glycogène du foie et de la stéatose hépatique, J. Verne (4) a observé une disparition rapide et totale des granulations α caractéristiques des cellules A dans les îlots de Langerhans qui doivent régler le dépôt des lipides dans le foie.

Ayant repris l'étude de l'intoxication phalloïdienne, nous avons observé [5] qu'à une hypoglycémie terminale s'associe une importante hyperlipémie (1,5 à 1,9 g de lipides totaux pour 100 g de plasma sanguin) dépassant six à sept fois les valeurs normales. Cette hyperlipémie, qui est due surtout à une augmentation considérable de la teneur en acides gras (12 à 15 fois au stade terminal de l'intoxication), est accompagnée d'une augmentation de la teneur en cholestérol libre (de 10-15 à 50-80 mg %), en cholestérol estérifié (de 6-12 à 30-36 mg %) et du phosphore lipidique (de 2-3 à 7,5-9 mg %). Comme cette intoxication est suivie d'une dégénérescence graisseuse du foie [2], [6] et est accompagnée d'une diminution de la coagulabilité sanguine [7], nous avons examiné en même temps les modifications de la teneur du foie en composés lipidiques chez ces mêmes lapins intoxiqués. Ainsi, nous avons observé [8] un accroissement des acides gras (de 3-4 à 5-10 g %) et du cholestérol estérifié (de 20-25 à 100-120 mg %), le cholestérol libre n'étant que légèrement augmenté (de 265-285 à 305-335 mg %) et le phosphore lipidique diminué (de 155-180 à 125-135 mg %).

Parmi les modifications observées, nous avons remarqué également que la teneur en substances insaponifiables X augmente précocement, aussi bien dans le foie que dans le plasma sanguin. Comme les substances insaponifiables X contiennent des précurseurs du cholestérol ou des produits intermédiaires de son métabolisme [9], nous nous sommes demandé si leur augmentation précoce ne correspondait pas à une accumulation des produits intermédiaires du métabolisme du cholestérol, imputable au blocage des systèmes enzymatiques spécifiques. Rappelons, à cet égard, que N. Cova, E. Polli et G. Ratti [6], dans leur étude de la stéatose hépatique au cours de l'intoxication phalloïdienne, concluent que la toxine atteint les systèmes enzymatiques oxydoréducteurs.

Nous étions donc amenés à nous demander également si la stéatose hépatique et l'hyperlipémie avec augmentation de la teneur du plasma en phosphore lipidique, en cholestérol libre et estérifié et en substances insaponifiables X ne correspondaient pas à une *accumulation* passive des lipides provoquée par une *diminution* de l'utilisation tissulaire des acides gras, plutôt que par une intensification du transport des lipides de réserve. Afin de disposer de données concernant l'utilisation tissulaire des lipides et des acides gras au cours de l'intoxication phalloïdienne, nous avons dosé les composés lipidiques du muscle, la masse musculaire du Lapin adulte représentant environ 44 % du poids du corps. Dans quelques cas, nous avons, en outre, effectué les mêmes dosages sur les reins et les poumons prélevés chez ces mêmes lapins empoisonnés.

Nos animaux ont reçu en injection sous-cutanée une dose mortelle d'extrait d'Amanite phalloïde, préparé en faisant macérer pendant un mois des chapeaux et des pieds de champignons dans un poids égal d'alcool à 95°, et en filtrant. Les prélèvements du tissu muscu-

laire des membres inférieurs (et, dans quelques cas, ceux des poumons et des reins) ont été pesés, homogénéisés et coagulés par l'alcool absolu. Les lipides ont été extraits suivant la méthode de Kumagawa et les principaux composés lipidiques ont été dosés par les procédés que nous avons employés dans l'étude des composés lipidiques du plasma sanguin ([5]).

La lecture du tableau montre que, déjà 24 h après l'injection d'une dose mortelle de l'extrait d'Amanite phalloïde, les lipides totaux du muscle sont accrus, et que ce fait est dû principalement à l'augmentation du taux des acides gras, presque doublé dans quelques cas. Il en est de même pour la teneur en substances insaponifiables X; le cholestérol total semble légèrement augmenté; par contre, il n'y a pas de modification décelable de la teneur en phosphore lipidique. L'augmentation de la teneur en acides gras du muscle, moins apparente que celle du foie, est pourtant importante en valeur absolue (surtout si elle devait être uniformément répartie sur tous les muscles), étant donné que la musculature chez le Lapin adulte représente environ 44 % du poids du corps, alors que le poids du foie ne représente que 2,1-2,3 %. L'augmentation de la teneur en acides gras du muscle au cours de l'intoxication phalloïdienne indique, à notre avis, une diminution de l'utilisation tissulaire des lipides. Dans les reins et les poumons, les résultats concernant l'accroissement des acides gras sont moins uniformes, l'augmentation n'étant pas toujours très marquée.

Dosage des lipides dans le tissu musculaire.

	Lapins témoins.				Lapins intoxiqués par l'Amanite phalloïde				
Temps en heures après injection...	—	—	—	—	25.	26.	26.	27.	31.
Poids du lapin (kg).........	3,60	3,25	3,97	3,38	3,22	3,67	3,85	3,47	3,70
Résidu dégraissé et sec du muscle (g pour 100 g frais)...	20,82	20,35	21,14	21,39	20,61	22,25	21,74	20,95	20,59
Lipides totaux (g pour 100 g frais)....................	1,88	1,97	2,07	1,83	2,64	2,58	2,47	2,55	2,82
« Soluble-eau » (g pour 100 g frais)....................	2,35	2,18	2,41	2,67	2,66	2,54	2,29	2,15	2,04
Teneur en eau (g pour 100 g frais)....................	74,95	75,50	74,38	74,11	74,09	72,63	73,50	74,35	74,55
Acides gras totaux (g pour 100 g frais)....................	1,18	1,23	1,35	1,15	2,16	2,02	1,87	1,96	2,14
Phosphore lipidique (mg pour 100 g frais)...............	31,80	32,50	32,10	33,40	33,90	33,30	31,50	32,70	31,10
Cholestérol total (mg pour 100 g frais)....................	59,00	55,00	56,00	57,90	61,10	70,60	63,00	69,00	88,70
Substances insaponifiables X (mg pour 100 g frais)......	35,80	33,30	26,40	30,90	68,50	73,30	54,00	65,00	71,70

A première vue, cet accroissement de la teneur en acides gras du muscle pourrait être interprétée (ainsi que la stéatose hépatique et l'hyperlipémie

avec augmentation de la teneur du plasma en cholestérol libre et estérifié, en phosphore lipidique et en substances insaponifiables X) comme le témoin d'un transport accru des lipides de réserve, selon certains auteurs [10] qui attribuent aux esters du cholestérol et aux phosphatides du plasma sanguin un rôle bien défini et croient que les acides gras des glycérides, estérifiés par le cholestérol, sont transportés sous cette forme d'abord au foie; ce dernier transférerait l'acide gras de l'ester du cholestérol dans une molécule de phosphatide qui, reprise par le sang, serait distribuée aux muscles. Les mêmes auteurs [10] pensent que les acides gras, oxydés par les muscles, leur sont obligatoirement fournis sous forme de phosphatides.

Cette conception, qui ne tient pas compte du fait qu'une partie importante des lipides plasmatiques est liée aux protéines sous forme de lipoprotéines [11], nous semble également peu compatible avec nombreuses observations expérimentales [12]. Ainsi, l'étude du taux de remplacement des phospholipides du plasma sanguin par le phosphore radioactif indique que le foie est le principal tissu de l'organisme qui, non seulement synthétise les phospholipides du plasma, mais aussi les retire de la circulation [13]. Des conclusions analogues ont été formulées pour le cholestérol [14]. Selon I. G. Campbell et coll. [15], l'ingestion d'acide palmitique n'entraîne aucune modification du taux de remplacement des phospholipides du plasma, bien qu'il se produise des changements importants du métabolisme des lipides; ces auteurs concluent que les phospholipides ne jouent qu'un rôle chimique mineur dans le transport des acides gras.

Quant au rôle des esters du cholestérol, il ne semble pas que les graisses de réserve soient mobilisées seulement sous forme d'esters du cholestérol et de glycérides; divers résultats expérimentaux semblent en effet indiquer qu'elles sont mobilisées, en partie, même sous forme d'acides gras libres non estérifiés [16]. Il est d'ailleurs intéressant de noter que le cholestérol estérifié du plasma sanguin augmente aux dépens du cholestérol libre, même après une simple incubation du plasma pendant 3 à 4 jours à 37-40° C [19]. Quant à l'hypercholestérolémie et l'hyperphosphatidémie qui accompagnent l'hyperlipémie des anémies après saignées abondantes [R. Agid [18]] et des anémies d'autres origines, nous pensons aussi qu'elles sont provoquées par un déficit en oxygène, lequel ralentit la combustion des lipides, plutôt que par une mobilisation accrue des graisses de réserve. L'hyperlipémie après intoxication par l'oxyde de carbone nous paraît avoir la même origine. Pour les mêmes raisons, il semble bien que l'augmentation du cholestérol libre et estérifié et des phosphatides du plasma sanguin, constatée dans l'hypothyroïdisme [17], est en relation avec une diminution du métabolisme.

Inversement, on observe une hypocholestérolémie et une hypophosphatidémie dans l'hyperthyroïdisme et dans d'autres cas où le métabo-

lisme est augmenté, comme dans les états fébriles, où le cholestérol total et le phosphore lipidique du plasma sanguin sont nettement inférieurs à la normale ([20]). Certains auteurs ([21]) ont observé que l'augmentation du métabolisme due à l'intensification du travail musculaire suffit à maintenir à un niveau peu élevé le cholestérol libre et estérifié du plasma (malgré l'ingestion accrue de graisses), par rapport aux témoins de la même population, moins actifs physiquement, dont le taux de cholestérol libre et estérifié est nettement augmenté.

En somme, c'est toujours un syndrome d'hypercholestérolémie avec hyperphosphatidémie, accompagnée d'une augmentation de la teneur du plasma sanguin en d'autres composés lipidiques et de leur accumulation dans le foie et dans les autres tissus qui s'observe dans le cas de diminution de l'intensité de combustion des lipides ou de diminution de la capacité de l'organisme d'assurer la combustion d'une quantité déterminée de lipides dans un temps donné.

On retrouve encore l'hypercholestérolémie avec hyperphosphatidémie si l'on augmente la quantité de lipides fournis dans l'unité de temps au milieu intérieur de l'organisme. Pour que cet effet se produise, il semble être de moindre importance si les lipides sont fournis sous forme de cholestérol ([18]), de phosphatides ou de graisses neutres, s'ils sont synthétisés par l'organisme lui-même ou ingérés, ou simplement injectés par voie intraveineuse. Ainsi, M. Friedman et S. O. Byers ([22]) observent chez le Rat et le Lapin, après une injection intraveineuse d'une émulsion de graisses neutres (qui augmente la concentration des *triglycérides* du plasma de 80 à 513 mg pour 100 cm^3 de plasma) qu'il n'y a pas de modification immédiate de la teneur du plasma en phosphatides ou en cholestérol. Mais, après 10 h de perfusion continue, le taux des phospholipides se trouve augmenté de 66 % et celui du cholestérol de 105 %. Les mêmes auteurs observent chez le Lapin, après une injection intraveineuse d'une solution de *phosphatides* (qui augmente leur teneur dans le plasma de 110 à 691 mg %) qu'il n'y a pas de modification significative immédiate de la teneur du plasma en cholestérol, mais après 10 h de perfusion continue de cette même solution de phosphatides, la teneur du plasma en cholestérol est augmentée de 320 %; en même temps on observe un accroissement de la teneur du *foie* en cholestérol.

Ainsi, nous sommes amenés à considérer que toute augmentation de la quantité de lipides fournis au milieu intérieur, qui dépasse la capacité de l'organisme d'assurer leur combustion dans un temps donné, ou toute diminution de cette capacité, conduit à une accumulation passive des lipides dans le plasma, le foie et les autres tissus (muscles dans l'intoxication phalloïdienne chez le Lapin, parois internes des gros vaisseaux dans l'athérosclérose humaine, etc.), sans témoigner par cela d'une intensifi-

cation de leur transport ([23]). Bien entendu, l'augmentation du taux plasmatique des divers composés lipidiques, accompagnée d'une accumulation des lipides dans les tissus, se produit dans des proportions différentes suivant les conditions expérimentales et varie d'un composé lipidique à l'autre ([5]), ([8]); elle est cependant presque toujours plus importante pour le cholestérol que pour les phosphatides et plus encore pour les glycérides.

([1]) L. Binet et J. Marek, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1219; *C. R. Soc. Biol.*, 124, 1937, p. 13.

([2]) L. Binet et M[lle] M. Leblanc, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 279; *Ann. Inst. Pasteur*, 85, 1953, p. 139.

([3]) J. Cheymol et A. Pfeiffer, *Arch. de Pharmacodynamie*, 79, 1949, p. 273.

([4]) J. Verne, *C. R. Soc. Biol.*, 143, 1949, p. 668.

([5]) L. Binet, M[lle] M. Leblanc et J. Hrachovec, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 467.

([6]) *Quaderni scientifici de Lo Smeraldo*, n° 1, 1948; *Lo Sperimentale*, 99, 1949, p. 391-416.

([7]) L. Binet, M[lles] M. Leblanc et D. Quivy, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 1935.

([8]) L. Binet, J. Hrachovec et M[lle] M. Leblanc, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 692.

([9]) V. Prelog et coll., *Hel. Chim. Acta*, 26, 1943, p. 2222; W. M. Stokes et coll., *J. biol. Chem.*, 220, 1956, p. 415.

([10]) T. Cahn et J. Houget, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 166; *J. Physiologie*, 47, 1955, p. 835-848.

([11]) O. A. Schjeide et N. Ragan, *J. biol. Chem.*, 227, 1957, p. 1035.

([12]) R. M. C. Dawson, *Biol. Rev.*, 32, 1957, p. 188-229.

([13]) C. Enteman, J. L. Chaikoff et D. B. Zilversmit, *J. biol. Chem.*, 166, 1946, p. 15.

([14]) S. Hotta et J. L. Chaikoff, *Arch. Biochem. et Biophys.*, 56, 1955, p. 28.

([15]) I. G. Campbell, J. Olley et M. Blewett, *Biochem. J.*, 45, 1949, p. 105.

([16]) L. B. Wadström, *Nature*, 179, 1957, p. 259.

([17]) P. Barbier et H. Péquinot, *C. R. Soc. Biol.*, 127, 1938, p. 111; W. F. Fleischmann et coll., *Amer. J. Physiol.*, 131, 1940-1941, p. 317; *Bull. John's Hopk. Hosp.*, 71, 1942, p. 175; J. L. Chaikoff et coll., *Endocrinol.*, 28, 1941, p. 797; B. Wisniewski, *Bull. Acad. Polon. Sc.*, 3, 1955, p. 225.

([18]) W. R. Bloor, *J. biol. Chem.*, 45, 1921, p. 171; H. Schwartz et H. Lichtenberg, *J. biol. Chem.*, 121, 1937, p. 315; R. Agid, *Thèse ès sciences*, 1953, Paris.

([19]) W. M. Sperry, *J. biol. Chem.*, 111, 1935, p. 467; E. Le Breton et J. Pantaléon, *Arch. Sc. physiol.*, 1, 1947, p. 63; Exposé *Ann. Biochim. méd.*, 7, 1947, p. 111.

([20]) P. György, *Jb. Kinderheilk*, 112, 1926, p. 283-297; W. Stepp, *M. med. Wschr.*, 65, 1918, p. 781.

([21]) G. V. Mann et coll., *New England J. Med.*, 253, 1955, p. 349; A. Keys et coll., *J. clin. Invest.*, 35, 1956, p. 1173.

([22]) *Proc. Soc. exper. Biol. Med.*, 90, 1955, p. 496; *ibid.*, 92, 1956, p. 459; *ibid.*, 94, 1957, p. 452; *Amer. J. Physiol.*, 186, 1956, p. 13.

([23]) Il nous semble que ces modifications de la cholestérolémie et de la phosphatidémie seraient plutôt en rapport avec le taux phasmatique du « facteur clarifiant » qui a été identifié comme une lipase plasmatique constituée par une lipo-protéine ([24]).

([24]) C. B. Anfinsen et coll., *Science*, 115, 1952, p. 583; S. P. Baker., *Circulation*, 15, 1957, p. 889.

(*Laboratoire de Physiologie de la Faculté de Médecine, Paris.*)

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Modèles euclidiens de métriques variationnelles.* Note de M. **Georges Bouligand.**

Formation directe sur le plan ou sur une surface, en diverses conditions topologiques, de modèles convenant à toutes métriques $\mu(u, v;\ du, dv)$ d'indicatrice *convexe* et *centrée*.

1. Après avoir, aux fins citées, proposé une famille à deux paramètres u, v d'arcs simples dans R^3 et pris pour μ la mesure en valeur absolue de l'aire élémentaire que balaye l'arc $(u+\theta\,du, v+\theta\,dv)$ quand θ croît de 0 à 1, j'introduis indépendamment un nouveau principe respectant la dimension et donnant la solution générale [1].

2. En géométrie affine d'un espace lieu du point $m(x, y, z)$, on fait la transformation $X=x$, $Y=y$, $Z=z+f(x, y)$ dont le type (T) se caractérise ainsi : elle conserve la parallèle ϖ à Oz menée d'un point, ainsi que la différence des cotes entre deux points de ϖ. En restreignant, j'appelle (TC) toute transformation (T) qui pour (x, y) quelconque en une région convexe (RC) du plan $z=0$ (ou en tout ce plan) mène de l'ensemble $z \geqq 0$, $(x, y) \in (RC)$ à un ensemble convexe; d'où, pour $f(x, y)$ l'inégalité classique définissant les fonctions convexes. Les (TC) détiennent cette propriété : si dans (RC) on prend $g(x, y)$ de manière que l'ensemble $z \geqq g$, $(x, y) \in (RC)$ soit un convexe, chaque (TC) déduit de cet ensemble un autre convexe.

Il en résulte que si les ensembles $z \geqq g_i(x, y)$, avec $(x, y) \in (RC)$ (pour $i=1, 2, \ldots, n$) sont des convexes, et si de plus, les constantes C_i sont positives, la surface obtenue en posant $z = G(x, y)$ où G est la somme des $C_i g_i(x, y)$ forme la partie frontière non cylindrique sur l'ensemble $z \geqq G$, $(x, y) \in (RC)$ qui est convexe. D'où, convexité de la fonction G. Jointe aux hypothèses citées sur les g_i, la convexité de $z \geqq G$ n'implique pas que tous les C_i soient positifs. Pour $n=2$, posant

$$g_1 = 2x^2 + xy + 3y^2, \qquad g_2 = x^2 + y^2, \qquad C_1 = 1, \qquad C_2 = -1,$$

l'ensemble $z \geqq g_1 + g_2$ est convexe. Désormais, ne restreignant qu'en apparence, on prendra les axes rectangulaires.

3. Appliquons à des fonctions positivement homogènes, degré 1. Prenant les a_i, b_i, e_i constants et x, y quelconques, retenons les choix

(Ch′) $$g_i = |a_i x + b_i y|,$$

(Ch″) $$g_i = \sqrt{a_i^2 x^2 + 2a_i b_i xy \cos e_i + b_i^2 y^2}$$

dont le premier particularise le second. Commençons par (Ch′).

Soit dans la partie $y \geqq 0$ du plan $z=0$, la suite des demi-droites Od_1, Od_2, ..., Od_n dont les arguments α_i forment une suite croissante encadrée

par o et π. Adjoignant leurs opposées, $Od'_1, \ldots, Od'_n$ le plan est partagé en $2n$ secteurs. La surface d'un *angle polyèdre* $\mathfrak{T}$ de sommet O, symétrique quant à Oz, et d'arêtes projetées sur ces $2n$ rayons sera

$$(1) \qquad z = \lambda_1 |x \sin\alpha_1 - y \cos\alpha_1| + \ldots + \lambda_n |x \sin\alpha_n - y \cos\alpha_n|,$$

où le terme de rang i s'annule sur Od_i, Od'_i. Après donnée des arêtes non accentuées, on tire les λ_i d'un système linéaire *régulier*, vu que le cas $z = 0$ impose des λ_i tous nuls. Réalisée pour tous λ_i positifs la convexité de $\mathfrak{T}$ n'a plus lieu s'il y a au moins un λ_i et un λ_j, avec $\lambda_i\lambda_j < 0$ (sens strict). Car groupant dans (1) les termes (+) et les termes (—), on aurait la surface d'un angle polyèdre lieu des milieux de segments verticaux dont les extrémités décriraient un $\mathfrak{T}'$ et un $\mathfrak{T}''$ convexes, l'un au-dessus de $z = 0$, l'autre au-dessous; et le recours à des sections planes verticales montre que ce lieu ne peut être convexe. Ainsi, imposer à tous les λ_i d'être > 0 fournit une condition nécessaire et suffisante pour que (1) donne un angle polyèdre convexe (sans face horizontale).

Avec (Ch''), l'absence de génératrice saillante sur chaque demi-cône limitant un ensemble $z \geq g_i$ ne permet plus de raisonner ainsi et l'exemple final du n° 2 montre que le résultat n'a pas lieu. En annulant tous les e_i, on a pour $z = G$ deux plans de symétrie rectangulaires

4. Revenons à (Ch'). Quand n^{-1} tend vers zéro, les sommes (1), à coefficients $\lambda_i > 0$ peuvent fournir des limites

$$(2) \qquad z = \int_0^{2\pi} |x \sin\alpha - y \cos\alpha| \, df(\alpha) = r \int_0^{2\pi} |\sin(u - \alpha)| \, df(\alpha)$$

avec $f(\alpha)$ non décroissante. D'où chaque fois un cône convexe Γ, avec génératrices saillantes pour f discontinue. Vu la convexité, la classe des Γ est *compacte*. Un Γ donné par l'équation polaire $r\varphi(u) = 1$ de sa section $z = 1$ provient d'une solution $f(\alpha)$ de l'équation

$$(3) \qquad \int_0^{2\pi} |\sin(u - \alpha)| \, df(\alpha) = \varphi(u);$$

(3) livre, à partir des coefficients de Fourier γ_n, δ_n de φ (par matrice diagonale), ceux c_n, d_n de f pour la suite des $\cos 2n\alpha$, $\sin 2n\alpha$ avec terme constant. Le noyau $K = |\sin(u - \alpha)|$ a un développement avec terme constant, déduit de $|\sin x|$ exprimé en $\cos 2x$, $\cos 4x$, ...; les valeurs propres de K s'écrivent $(4n^2 - 1)h$ (où h ne contient pas n). Au lieu de $f(\alpha)$, mieux vaut en chercher une primitive $F(\alpha)$, fonction convexe sur $[0, 2\pi]$. Des majorations classiques en n^{-2} de γ_n, δ_n, résultant du caractère *à variation bornée* de φ', on tire des majorations en n^{-1} de C_n, D_n attachés à F. *Géométriquement*, sur le cercle $r = 1$ f est pour une répartition (φ) la masse sur l'arc $[0, \alpha]$ et (3) définit le système des tangentes à un contour convexe (de centre $r = 0$) lieu du centre des masses

sur la moitié ($2|u-\alpha| \leq \pi$) de l'ensemble $r=1$, moitié dont les extrémités sont celles d'un diamètre Δ^u. Relativement à un cercle $r=r_0$, ce dernier contour est polaire réciproque de $r\varphi(u)=1$ et admet Δ^u pour tangente en son point courant. A la liaison *géométrie-fonctions numériques*, il faut retenir en outre la *convergence uniforme* des sommes de Fejer $S_n(\alpha)$ calculées pour $F(\alpha)$ vers cette fonction et l'opportunité de rendre convexes vers le bas leurs diagrammes $\beta = S_n(\alpha)$. Ce processus ayant donné le diagramme de F, on a f par la pente de sa demi-tangente, à droite par exemple, pente qu'on tire des sommes de Fejer de f ([2]), mais sans convergence uniforme.

5. On accède au résultat du n° 1 en prenant une $f(\alpha)$ en dépendance (à préciser) d'un couple variable u, v :

$$\mu(u, v; du, dv) = \int_0^{2\pi} |\sin\alpha\, du - \cos\alpha\, dv|\, df(\alpha, u, v).$$

L'élément d'intégrale est en valeur absolue l'aire du parallélogramme déduit des vecteurs (du, dv) et ($\cos\alpha\, df$, $\sin\alpha\, df$). L'indicatrice sans point anguleux répond au cas où la (RM) admet une densité f'_α fonction continue du point (u, v, α). On peut varier en substituant au plan u, v des surfaces bi — ou uni-latères, avec types divers de connexion (pour études globales). On passe à 3, 4, ... dimensions en supplantant le vecteur en df par un bivecteur, un trivecteur, ... livrant un volume n — dimensionnel.

6. Le choix (Ch'') mène à des intégrales (2') du type lié au schème rappelé au n° 1. Il s'adjoint alors une nouvelle fonction, annoncée au n° 3 par la présence des e_i; d'où *équivalences* à prévoir *entre divers modèles*. Mais on peut aussi, restreignant la généralité, *imposer* aux fonctions a, b, e sous l'intégrale *une condition*. Si l'on choisit $\cos e = 0$, deux symétries s'offrant pour l'indicatrice, cette dernière est *toujours particularisée*.

([1]) G. Bouligand, *Comptes rendus*, 220, 1944, p. 699; M. Coz, *Bull. Acad. Roy. Belg.*, Cl. Sc., 5, XLIII, 1957, p. 139 et *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 1873.
([2]) G. Valiron, *Théorie des fonctions*, Paris, 1942, p. 181.

(46, *rue Saint-André-des-Arts, Paris* 6e.)

ALGOLOGIE. — *La reproduction et le développement de l'*Enteromorpha marginata *Ag. et le rattachement de cette espèce au genre* Blidingia, Note (*) de M. **Pierre Dangeard**.

L'*Enteromorpha marginata* J. Ag. est une espèce assez répandue sur la côte basque et dans le bassin d'Arcachon. Sur la rive gauche de la Gironde, dans la région de Saint-Christoly-de-Médoc cette espèce abonde et elle ne peut être confondue avec aucune autre. On la trouve principalement sur

les pieux qui bordent le fleuve, en avant des murettes de pierre édifiées pour la protection des rives. L'*Enteromorpha marginata* constitue, dans cette station, une ceinture caractéristique située nettement au-dessus de la zone du *Fucus platycarpus* Thuret et s'étendant sur 1 m environ de hauteur.

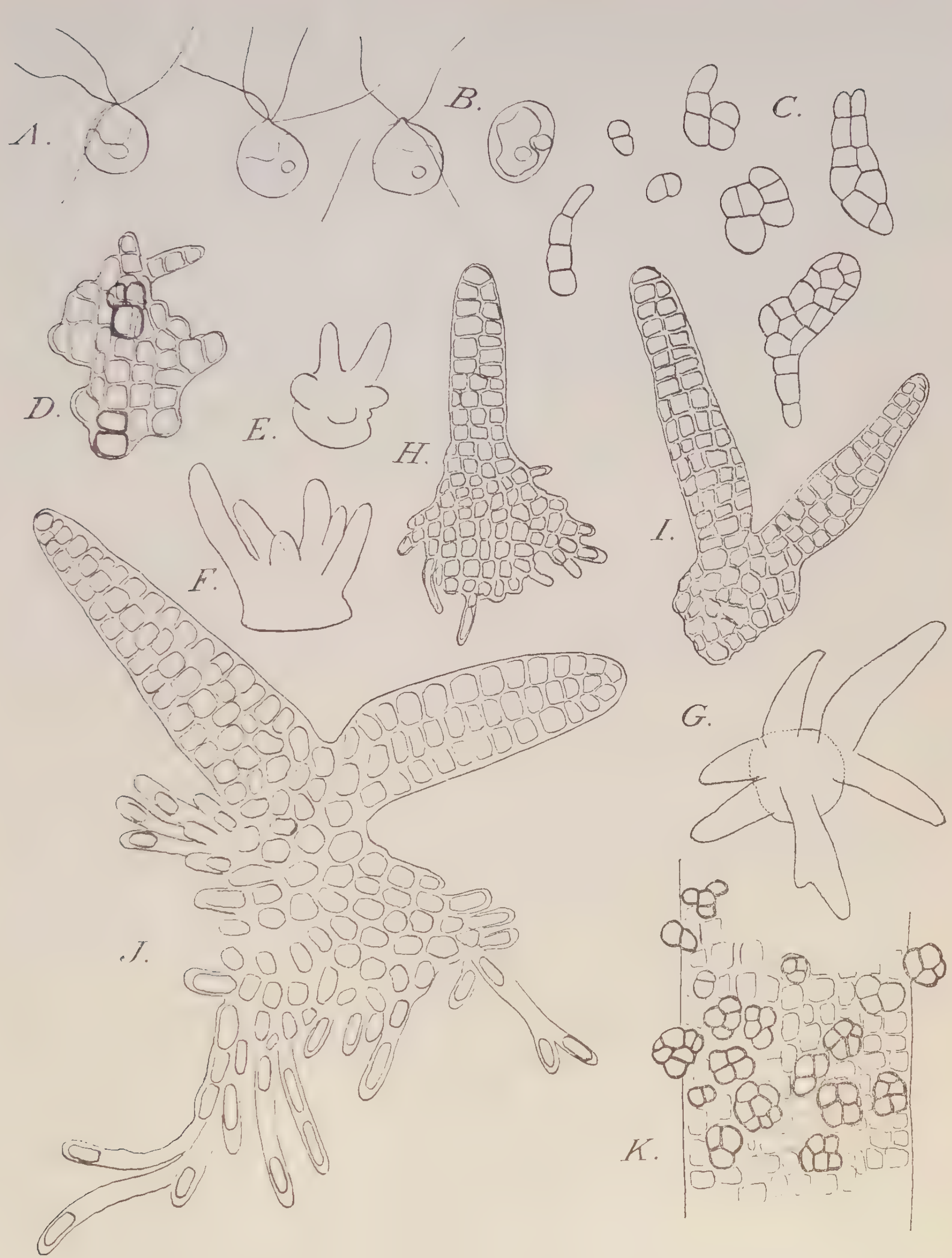
L'*Enteromorpha marginata* rappelle l'*Enteromorpha* ou *Blidingia minima* (Bliding) Kylin, par son thalle filiforme très étroit et par ses cellules de petite taille pourvues d'un chromatophore en apparence central avec un pyrénoïde unique. Il en diffère par ses filaments plus fins et plus longs, portant quelques ramules courts assez rares, par ses cellules assez bien alignées surtout sur les bords, ayant des membranes épaisses, d'où l'apparence marginée du thalle vu de profil. Ce dernier caractère toutefois n'est pas constant. Certaines parties du thalle qui s'élargissent peuvent atteindre 3 à 400 μ de largeur : elles sont rubanées et généralement gaufrées alternativement dans un sens ou dans l'autre, ou même tordues en hélice.

La reproduction et le développement de l'*Enteromorpha marginata* n'ont fait l'objet d'aucune étude particulière à notre connaissance. Or dans une Note précédente ([1]), nous avons montré que diverses Entéromorphes pouvaient se multiplier végétativement par suite du développement, dans certaines circonstances, des cellules du thalle qui peuvent évoluer directement en plantules : c'est le cas pour l'*Enteromorpha marginata* et en particulier, chez cette espèce, sur un fragment détaché du thalle, toutes les cellules peuvent subir un cloisonnement et donner lieu à une prolifération, mais sur les vieux thalles, ce sont les cellules résiduelles, n'ayant pas pris part à la formation des zoospores, qui se développent en plantules, au point que ces dernières pourraient en imposer pour de vraies branches.

L'*Enteromorpha marginata* se reproduit également au moyen de zoospores que nous avons eu l'occasion d'observer à plusieurs reprises. Elles ressemblent à celles de l'*Enteromorpha minima* étudiées par Bliding (1938) ([2]), mais elles sont légèrement plus grosses. Comme ces dernières, elles sont piriformes, presque aussi larges que hautes possédant quatre cils apicaux et sont dépourvues de stigma ou point rouge (*fig.* A). Elles ne sont pas influencées non plus par la lumière (absence de phototactisme).

La cellule mère du zoosporange ne subit pas, comme d'ordinaire chez les Entéromorphes, de nombreuses divisions, mais le plus souvent elle produit, après clivage, deux ou quatre zoospores seulement; parfois même une seule zoospore est produite par une cellule de même taille et apparence qu'une cellule végétative ordinaire.

Lorsqu'on observe les zoospores vivantes, elles montrent des mouvements très vifs, séparés par des intervalles d'immobilité. Elles sont comme dimensions 5 à 6 μ de diamètre sur 7 à 8 μ de longueur et les cils sont un peu



Toutes les figures se rapportent à l'*Enteromorpha marginata* J. Ag.; A, zoospores à 4 flagelles; B, zoospore venant de se fixer, ×1400; C, très jeunes plantules provenant de zoospores, ×600; D, plantule vue par en dessus, montrant le début de deux frondes dressées, ×600; E, F, G, plantules de forme étoilée, vues de côté ou par en dessus, ×300; H, I, J, plantules dont certaines développent des filaments à caractère rhizoïdal, ×600; K, plantules glomérulaires développées aux dépens de cellules végétatives, ×600.

plus longs que le corps, insérés sur un bouton apical peu marqué. Un pyrénoïde est généralement présent sur un chromatophore irrégulièrement lobé (*fig.* A.).

Nous avons suivi le développement des zoospores dans des cultures sur lame ou dans de petites coupelles. D'autre part, nous avons pu suivre les étapes de la formation des plantules adventives nées aux dépens de cellules végétatives, car celles-ci sont souvent très abondantes sur les vieilles frondes dans les conditions naturelles (*fig.* K). Le développement semble identique dans l'un et l'autre cas et il aboutit à des plantules tout à fait comparables. Lorsqu'il s'agit de zoospores, celles-ci se divisent en deux, puis en un plus grand nombre de cellules disposées d'une manière variable, de sorte qu'il se constitue un petit massif cellulaire de forme irrégulière (*fig.* C). Lorsque ce glomérule comprend un assez grand nombre de cellules, on commence à voir se former un ou plusieurs filaments dressés qui, en s'allongeant, produisent plus tard la partie principale de l'algue (*fig.* D-J).

Les plantules d'environ un mois, dans nos cultures, se composaient d'un coussinet basal et d'un ou plus souvent de plusieurs frondes dressées, cylindriques, pluricellulaires (*fig.* E-G). Le coussinet basal peut ainsi porter cinq ou six frondes simples ou bifurquées à leur point de départ. La présence fréquente de plusieurs frondes émanant d'un même coussinet donne à ce moment aux plantules d'*Enteromorpha marginata* un aspect étoilé caractéristique (*fig.* G). Un caractère particulier du coussinet basal des plantules d'*Enteromorpha marginata* est qu'il peut développer sur son pourtour, à partir d'un certain stade, des filaments verts qui ont une membrane épaisse, ressemblent à des rhizoïdes et qui s'étendent en se ramifiant à une certaine distance (*fig.* 4, 5).

Ce mode de développement de l'*Enteromorpha marginata* que nous venons de décrire, explique évidemment le caractère cespiteux de cette Entéromorphe qui vit toujours en tapis très fournis. D'autre part, il rappelle celui de l'*Enteromorpha minima* dont les plantules décrites par Bliding (1938) forment un disque d'où s'élève la fronde dressée, caractère qui a motivé la création du genre *Blidingia* par Kylin (1947) [3]. Cependant la région basale en coussinet des plantules d'*Enteromorpha marginata* est assez différente de la région correspondante chez le *Blidingia* qui est étalée sur le support, échancrée sur les bord, et mérite le nom de disque basal. Il est curieux tout de même de constater une certaine similitude dans le développement de ces deux Ulvacées, similitude qui se retrouve dans les caractères de la reproduction par des zoospores globuleuses, sans stigma et dépourvues de phototactisme, et même dans les caractères cellulaires.

Il apparaît donc nettement que ces deux espèces d'algues sont voisines l'une de l'autre et que, si l'on admet le genre *Blidingia*, l'*Enteromorpha*

marginata doit s'y rattacher de toute évidence. Nous proposons donc le nouveau nom de *Blidingia marginata* pour l'algue désignée jusqu'à maintenant comme *Enteromorpha marginata* J. Agardh.

(*) Séance du 13 janvier 1958.
(1) *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 2454.
(2) *Botan. Not.*, 1938, p. 44.
(3) *Lunds Univ. Arsskr.*, 45, 1949, p. 30.

M. **Maurice Caullery** remet à l'Académie un exposé qu'il a fait pour l'Encyclopédie de la Pléiade, sur l'*Histoire des sciences biologiques*.

CORRESPONDANCE.

Le **Recteur de l'Université de Paris** invite l'Académie à lui désigner l'un de ses Membres qui fera partie du Conseil d'administration du **Palais de la Découverte** pour une nouvelle période triennale, en remplacement de M. *Albert Caquot* dont les pouvoirs sont expirés, mais qui est rééligible. M. **Albert Caquot** est réélu.

L'**Académie des Sciences de Turin** annonce l'institution du **Prix international Modesto Panetti** de 1.000.000 de lires, qui doit être attribué à des travaux de Mécanique appliquée.

M. **Alvaro Soares Brandão** adresse le texte d'une Conférence sur **Marcelin Berthelot**, faite par lui à l'Académie de médecine de São Paulo et intitulée : *Um homem de ciencia e homem de coração*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance.

1° *Henri Poincaré et Paul Valéry autour de* 1895, par André Belliver ;

2° *Colloque Jules Boulvin*, in *Mémoires* de l'*Académie Royale de Belgique;*

3° *Comision nacional de energia nuclear. Mexico.* Num. 1 à 48. (Octubre de 1957.)

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Les cahiers de notes de Georges Cuvier et son premier* Diarium zoologicum. Note (*) de MM. **Georges Petit** et **Jean Théodoridès**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

On a tout dit sur la vie de Georges Cuvier, d'autant plus qu'il s'était préoccupé d'en signaler, lui-même, à ses futurs laudateurs les événements les plus marquants.

On sait ainsi dans quelles conditions il entra, à 14 ans et demi, à l'Académie Caroline de Stuttgart et comment sa vocation précoce pour les Sciences naturelles en général, devait se cristalliser tout d'abord sur l'Entomologie.

Non seulement du reste, les Insectes, mais les Vertébrés, qu'il avait l'occasion de capturer ou qu'on lui apportait étaient au jour le jour déterminés, décrits par d'excellentes diagnoses et très souvent figurés dans des cahiers dont chacun porte le titre de *Diarium*. L'existence de ces cahiers de notes, ces *Diaria*, est mentionnée par divers auteurs; par exemple V. Audouin (1832), E. Geoffroy Saint-Hilaire (1832), Dareste (*in* Hoefer, 1855), Laurillard (*in* Dictionnaire de Michaud), M. Brianchon (1878) et par G. Cuvier lui-même dans sa correspondance avec Pfaff.

V. Audouin, lorsqu'il lut à la Société Entomologique de France (13 juin 1832) sa notice nécrologique sur Cuvier, présenta plusieurs manuscrits qui lui avaient été donnés par son beau-père Alexandre Brongniart. Parmi eux figurait le *Diarium zoologicum quintum*, rédigé au château de Fiquainville en Normandie, et portant la date du 22 avril 1791. Ce manuscrit, d'ailleurs incomplet en ce qui concerne les planches et surtout le texte même, paraît avoir été perdu. Brianchon et Desnoyers l'ont vainement recherché. Il ne figure pas au Fonds Cuvier (carton B) de la Bibliothèque de l'Institut qui comprend seulement le *Diarium zoologicum* daté de 1787 (c'est le *Diarium* II), les *Diaria zoologica* III et IV (1789-1790) et les *Diaria botanica*.

Si le *Diarium* V est perdu, on ignorait le sort du *Diarium* I, le plus précieux certes, parce que le plus ancien.

Cuvier le mentionnait lui-même, selon Audouin, dans son *Diarium zoologicum quintum* et lui attachait, comme à tous ses « Cahiers » une très grande importance. Il salue son *Mémoire sur les Crustacés comestibles des côtes de France* écrit à Montbéliard, comme un « Traité commémoratif du 14 septembre, jour anniversaire de la fondation du *Diarius zoologicus* » (*sic*) [1].

En effet, le premier *Diarium* fut commencé à Stuttgart le 14 septembre 1786. Cuvier avait 17 ans.

Or, ce premier cahier de notes de Cuvier, nous l'avons retrouvé à la Bibliothèque municipale d'Hyères (Var) ([2]).

Le manuscrit mesure 23 sur 18 cm. Sur la page de titre on lit : *Diarium zoologicum præsertim entomologicum exhibens Animalia in hyeme* 1786-1787 *a D. de Marshall et me examinata illorumque descriptiones et effigies ad vivum depictas. Stuttgardiæ* 29 *Jan.* 1787.

Au bas de la page, figure la signature : G. L. Cuvier.

Au verso, on trouve l'indication suivante : *Insecta picta* 210. *Insecta descripta* 253. A la page 1, Cuvier précise : *Diarium zoologicum a die* XIV *Sept.* MDCCLXXXVI *initum.*

Telle est en effet la date des premières notes de Cuvier. Les dernières sont du 22 décembre de la même année. Suit un index alphabétique avec l'indication du jour de l'observation. Il a certainement été rédigé avec la fin des notes du premier cahier. Mais l'index par planches (*Icones ad Diarium zoologicum pertinentes*) a été établi un peu plus tard. Il porte la date de 1787, comme la page de titre et comme le dos du volume (*Diar. Zool.*, I, 1787).

Chaque page du cahier était pliée en deux dans le sens de la longueur. La moitié gauche était réservée à la description des espèces, la moitié droite à des annotations diverses, des corrections, des discussions, tout cela ajouté au cours des années suivantes et écrit parfois au crayon, selon une habitude de Cuvier, d'une écriture généralement plus ramassée et plus ferme. On y trouve notamment des renvois aux *Diaria* suivants (III, IV, V), ce qui montre bien que lorsque Cuvier rédigeait son *Diarium quintum* (1791), il ne s'était point encore désaisi du *Darium primum.*

On trouve du reste autre chose que des descriptions d'Insectes dans le manuscrit d'Hyères; y figurent aussi les diagnoses de cinq espèces de Mammifères, de deux Reptiles, de dix Oiseaux, d'un Batracien (*Lacerta salamandra*), d'un Cyclostome (*Petromyzon fluviatilis*).

L'entomologiste de 17 ans s'intéresse à la dissection et à la morphologie comparée. Si sa description est toujours méticuleuse et précise, il ajoute quand il le peut, le détail anatomique : la tête de *Sorex araneus* est représentée avec la mandibule dégagée de la peau et des muscles; il note que le *Larus major* n'a pas de cæcum et que la dissection lui permet de dire que son exemplaire est du sexe femelle.

Le manuscrit d'Hyères présente encore l'intérêt d'offrir les premiers dessins d'Histoire naturelle de Cuvier. Les 11 planches sont remarquables par la délicatesse des traits, l'exactitude du détail, la représentation incomparable des couleurs.

Telles sont les observations que suggère un examen d'ensemble du *Diarium zoologicum* (*primum*) retrouvé à la Bibliothèque d'Hyères. Sans doute va-t-il attirer l'attention sur les trois autres cahiers dont l'existence est connue. Car ils méritent que les entomologistes et les historiens des Sciences se penchent sur de tels documents qui présentent pour les uns comme pour les autres un incontestable intérêt.

(*) Séance du 13 janvier 1958.

(1) Cf. *Lettre à Pfaff du 14 octobre* 1788 (*Lettres de Georges Cuvier à C. M. Pfaff*, Masson, Paris, 1858, p. 58).

(2) Grâce à la perspicacité d'un excellent naturaliste de cette ville : M. P. Knoepffler. Mlle Deck, bibliothécaire, nous a permis de le consulter à loisir. La présence de ce manuscrit à Hyères peut être expliquée de la manière suivante : E. Geoffroy Saint-Hilaire, dont la famille possédait et possède encore un domaine à Hyères, avait demandé à Cuvier la communication de ses *Diaria*. Les Geoffroy Saint-Hilaire étaient liés avec Alphonse Denis qui fut maire d'Hyères. Le manuscrit fut légué à la Bibliothèque municipale de cette ville par Mme Mary de Trepel, fille de la seconde femme de A. Denis, par lettre en date du 27 avril 1902 : « Mes neveux sont d'accord pour contribuer à remettre ce souvenir de M. Denis à la ville à laquelle il a rendu tant de services. »

GÉOMÉTRIE DES NOMBRES. — *Polygones homothétiques et inéquations diophantiennes linéaires* (1). Note de M. **Eugène Ehrhart**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Du nombre i de points entiers intérieurs au triangle $(0, 0)(a, 0)(0, b)$, où a, b *sont rationnels quelconques*, on déduit i' pour une famille de triangles homothétiques, ce qui revient à déterminer le nombre de solutions en entiers positifs d'une famille d'inéquations linéaires. Extension aux polygones.

Définititions. — Rappelons que *l'excès* d'une surface d'aire S est la quantité $\Delta = i + (P/2) - S$, où i et P sont les nombres de points entiers intérieurs et périphériques. Un polygone dont les coordonnées des sommets sont des nombres rationnels est dit $(1/n)$-*entier*, si n est le plus petit commun multiple de leurs dénominateurs.

Théorème 1. — *Soient* $a = a_1 + (p/n)$ *et* $b = b_1 + (q/n)$ *deux nombres rationnels quelconques, dans lesquels la partie entière et la partie fractionnaire sont mises en évidence, et* K *un entier. La différence des excès du triangle* $(0, 0)(a, 0)(0, b)$ *et du triangle homothétique dans le rapport* $Kn + 1$ *par rapport à l'origine est proportionnelle à* K. *Si* aq/D *n'est pas entier, le facteur de proportionnalité est* $D(1/2 - |aq/D|)$, *où* D *désigne le plus grand commun diviseur de* na, nb *et* $|aq/D|$ *la partie fractionnaire de* aq/D. *Si* aq/D *est entier*, $\Delta' = \Delta$ (2).

Soit OAB le triangle T' homothétique de T. La parallèle O'B' à OB découpe dans T' un triangle O'AB' en translation entière de T. Soient C, C' les points entiers de OB, O'B' tels que $\overline{CB} = \overline{C'B'} = q/n$ et Δ_1 l'excès de CBB'C'. L'excès Δ_2 du trapèze entier OCC'O' est 1 (Note V, th. 1). d'après le lemme de la Note XIV :

$$\Delta' - \Delta = \Delta_1 + \Delta_2 - \frac{3}{2} = \Delta_1 - \frac{1}{2}.$$

Le vecteur $\overrightarrow{C'C}$ a pour composantes scalaires $Kn[a_1 + (p/n)]$, $Kn[b_1 + (q/n)]$ ou $K(na_1 + p)$, $K(nb_1 + q)$ ou encore $KD\alpha$, $KD\beta$. Il porte donc, extrémités

comprises, $KD+1$ points entiers. Soient E, E′ les points entiers des droites CB, C′B′ tels que $\overline{CE}=\overline{C'E'}=1$. L'application du théorème 1 de la Note V au parallélogramme CEE′C′ donne $i=KD(\alpha-1)$. Ces i points entiers sont répartis sur $\alpha-1$ parallèles (qui forment avec CC′ et EE′ une famille d'équidistantes), chacune en portant KD.

1° *$aq/D=\alpha q/n$ n'est pas entier.* — Soit $\|aq/D\|$ sa partie entière. Le parallélogramme CBB′C′ renferme $i'=KD\|(q/n):(1/\alpha)\|=KD\|aq/D\|$ points entiers et

$$\Delta_1=KD\left\|\frac{aq}{D}\right\|+\frac{KD+1}{2}-Kaq,$$

d'où

$$\Delta'-\Delta=\Delta_1-\frac{1}{2}=K\left(\frac{1}{2}+\left\|\frac{aq}{D}\right\|-\frac{aq}{D}\right).$$

2° *aq/D est entier.* — Le parallélogramme CBB′C′ renferme $i'=KD[(\alpha q/n)-1]$ points entiers et BB′ en porte KD. Donc

$$\Delta_1=KD\left(\frac{aq}{D}-1\right)+\frac{2KD+1}{2}-Kaq=\frac{1}{2},$$

d'où

$$\Delta'-\Delta=\Delta_1-\frac{1}{2}=0.$$

Théorème 2. — *Si b (ou a) est entier, $\Delta'=\Delta$.*

(Le théorème 1 s'applique donc encore, car b entier signifie $q=0$ et aq/D nul est bien entier.)

En effet T se compose alors seulement du triangle O′A′B′ et du trapèze entier OBB′O′. Donc

$$\Delta'=\Delta+\Delta_2-1=\Delta.$$

Si a et b sont entiers, on sait d'ailleurs que $\Delta=\Delta'=1$.

Théorème 3. — *Une condition nécessaire et suffisante pour que $\Delta'=\Delta$ est que aq/D soit entier ou semi-entier.* (Ainsi $\Delta'=\Delta$ si a et b sont semi-entiers.)

Conséquence immédiate du théorème 1

Théorème 4. — *Si $D=1$, $(\Delta'-\Delta)/K=1/2-|pq/n|$. Si en plus $pq<n$, $(\Delta'-\Delta)/K=(1/2)-(pq/n)$.*

(Il est remarquable que ce rapport soit indépendant de a_1 et b_1.)

Car

$$\left\|\frac{aq}{D}\right\|=\left\|a_1q+\frac{pq}{n}\right\|=a_1q+\left\|\frac{pq}{n}\right\|,\qquad \text{donc}\quad \frac{aq}{D}-\left\|\frac{aq}{D}\right\|=\left|\frac{pq}{n}\right|$$

et si $pq<n$,

$$\left|\frac{pq}{n}\right|=\frac{pq}{n}.$$

Théorème 5. — *La différence des excès d'un polygone $(1/n)$-entier et du polygone correspondant par une homothétie qui a pour centre un point entier et pour rapport $Kn+1$ est proportionnelle à K (K entier)* [3].

On peut donc calculer le nombre i_K des points entiers intérieurs au polygone homothétique, si l'on a compté i_1 et i_2. Si le polygone est convexe, *ce calcul équivaut à la détermination du nombre de solutions d'un système d'inéquations diophantiennes linéaires à deux inconnues et à coefficients rationnels.*

Démonstration résumée. — Comme dans la Note XIV on se ramène aux triangles T à deux côtés parallèles aux axes de coordonnées. On décompose le triangle homothétique en un triangle en translation entière de T, un parallélogramme et un triangle. Ce dernier se déduit d'un triangle entier par translation, ce qui permet d'exprimer son excès par ceux de trois parallélogrammes.

Applications aux inéquations diophantiennes linéaires. — Une inéquation linéaire *quelconque* à deux inconnues X, Y, entiers positifs, et à coefficients rationnels peut se mettre sous la forme

$$\frac{X}{A}+\frac{Y}{B}<\frac{1}{n}, \qquad (\text{A, B, } n \text{ entiers}).$$

Connaissant le nombre i de ses solutions, on en déduit par le théorème I le nombre i' de solutions de l'inéquation

$$\frac{X}{A}+\frac{Y}{B}<\frac{1}{n}+K, \qquad (\text{K } \textit{entier arbitraire}).$$

Car i, i' sont les nombres de points entiers intérieurs au triangle

$$(0, 0)\left(\frac{A}{n}, 0\right)\left(0, \frac{B}{n}\right)$$

et à son homothétique dans le rapport $Kn+1$ par rapport à l'origine.

Remarque. — *Si* K *est divisible par p dans le nombre rationnel quelconque* $K+(p/n)$, *la recherche du nombre de solutions de*

$$\frac{X}{A}+\frac{Y}{B}<K+\frac{p}{n}$$

se ramène au décompte des points entiers intérieurs au triangle

$$(0, 0)\left(\frac{Ap}{n}, 0\right)\left(0, \frac{Bp}{n}\right),$$

décompte facile quand ce triangle n'est pas trop grand.

Rapport d'homothétie $Kn-1$. — *Les cinq théorèmes restent valables* si l'on y remplace respectivement

$$Kn+1, \quad \frac{1}{2}-\left|\frac{aq}{D}\right|, \quad \frac{1}{2}-\left|\frac{pq}{n}\right|, \quad \frac{1}{2}-\frac{pq}{n}$$

par

$$Kn-1, \quad \left|\frac{aq}{D}\right|-\frac{1}{2}, \quad \left|\frac{pq}{n}\right|-\frac{1}{2}, \quad \frac{pq}{n}-\frac{1}{2} \quad (^1).$$

Démonstration analogue. — Les triangles OAB, O′AB′ d'excès Δ′, Δ sont ici opposés par le sommet. Le vecteur $\overrightarrow{C'C} = \overrightarrow{B'B}$ forme avec OO′ un trapèze croisé entier OCC′O′, donc d'excès algébrique nul (Note VI).

De même *le paragraphe des inéquations diophantiennes reste valable*, si l'on y remplace $Kn+1$, $K+(1/n)$, $K+(p/n)$ respectivement par $Kn-1$, $K-(1/n)$, $K-(p/n)$.

(1) Suite de la Note XIV, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 205. Nous nous référerons aussi aux Notes V et VI, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 686 et 242, 1956, p. 332.

(2) Si a, b et aq/D ne sont pas entiers $\Delta'' = KD[1/2 - |aq/D|]$ est l'excès du trapèze compris entre les axes de coordonnées et les bases des deux triangles. *Si a et b sont entiers* $\Delta'' = 1$, *si a ou b est entier* $\Delta'' = 1/2$, *si a et b sont fractionnaires et que aq/D est entier ou semi-entier* $\Delta'' = 0$. $|aq/D| = |bp/D|$, car $(aq - bp)/D = \beta a_1 - \alpha b_1$ est entier.

(3) Si $n = 2$, $\Delta' = \Delta$ (Note XIV).

(4) Par exemple si l'on connaît i pour un triangle tiers-entier $(0,0)$ $(a,0)$ $(0,b)$, on peut calculer i' pour tout triangle correspondant dans une homothétie de centre $(0,0)$ et de rapport entier k, car k est de la forme $3K$ ou $3K \pm 1$.

ALGÈBRE. — *La notion de résiduel essentiel.* Note (*) de MM. **Léonce Lesieur** et **Robert Croisot**, présentée par M. Henri Villat.

Nous avons récemment introduit la notion d'idéal tertiaire pour un anneau ou un demi-groupe non nécessairement commutatif, ainsi que celle de sous-module tertiaire pour un module (1). Nous introduisons ici la notion de résiduel essentiel qui nous permettra dans une prochaine Note de caractériser un idéal ou un sous-module tertiaire comme étant un idéal ou un sous-module ayant un seul résiduel essentiel.

Nous gardons les notations et les hypothèses du paragraphe 1 de [I] (2).

Définition 1. — On appelle *résiduel essentiel* d'un élément X de (L) un élément $\mathfrak{T}$ de $(\mathfrak{G})$ tel qu'il existe $Y > X$ avec $\mathfrak{T} = X^{\cdot}.Y$ et

$$X < Z \leqq Y \Rightarrow X^{\cdot}.Z = X^{\cdot}.Y.$$

On dit alors que $\mathfrak{T}$ est résiduel essentiel de X *par rapport à* Y.

Propriété 1. — *Si $\mathfrak{T}$ est résiduel à gauche propre maximal de X, c'est un résiduel essentiel de X.*

En effet, supposons que $\mathfrak{T} = X^{\cdot}.Y$, avec $X < Y$, soit résiduel à gauche propre maximal de X et soit Z satisfaisant à $X < Z \leqq Y$. On a $X^{\cdot}.Z \geqq X^{\cdot}.Y = \mathfrak{T}$ d'où, $\mathfrak{T}$ étant maximal, $\mathfrak{T} = X^{\cdot}.Z$. Donc $\mathfrak{T}$ est résiduel essentiel de X par rapport à Y.

Propriété 2. — *Tout résiduel à gauche de X de la forme $\mathfrak{T} = X^{\cdot}.Z$ avec $Z \succ X$ est un résiduel essentiel de X* (3). *Réciproquement, si* (L) *vérifie la condition de chaîne descendante affaiblie, tout résiduel essentiel de X est de cette forme.*

La première partie de la propriété est immédiate. Pour démontrer la

seconde, $\mathcal{P}$ étant un résiduel essentiel de X par rapport à Y, il suffit de choisir pour Z un élément minimal vérifiant $X < Z \leqq Y$ et d'appliquer la définition.

Définition 2. — On appelle *résiduel pseudo-essentiel* d'un élément X de (L) un élément $\mathcal{P}$ de ($\mathcal{T}$) tel qu'il existe $Y \not\leqq X$ avec $\mathcal{P} = X \cdot . Y$ et

$$Z \leqq Y,\ Z \not\leqq X \Rightarrow X \cdot . Z = X \cdot . Y.$$

On dit alors que $\mathcal{P}$ est résiduel pseudo-essentiel de X *par rapport à* Y.

Propriété 3. — *Si $\mathcal{P}$ est résiduel essentiel de* X, *$\mathcal{P}$ est résiduel pseudo-essentiel de* X.

Supposons $\mathcal{P}$ résiduel essentiel de X par rapport à Y. On a d'abord $Y \not\leqq X$ et $\mathcal{P} = X \cdot . Y$. De plus, on a

$$Z \not\leqq X,\ Z \leqq Y \Rightarrow X \cdot . Z = X \cdot . (X \cup Z) = X \cdot . Y$$

puisque $X \cup Z$ satisfait à $X < X \cup Z \leqq Y$. Donc $\mathcal{P}$ est résiduel pseudo-essentiel de X par rapport à Y.

Propriété 4. — *Tout résiduel pseudo-essentiel de* X (*et par suite tout résiduel essentiel*) *est premier*.

Supposons qu'on ait $\mathcal{B}$ et $\mathcal{C}$ vérifiant $\mathcal{B}\mathcal{C} \leqq \mathcal{P}$ avec $\mathcal{C} \not\leqq \mathcal{P}$, c'est-à-dire $\mathcal{B}\mathcal{C}Y \leqq X$ avec $\mathcal{C}Y \not\leqq X$. Puisqu'on a $\mathcal{C}Y \leqq Y$, il en résulte

$$X \cdot . \mathcal{C}Y = X \cdot . Y = \mathcal{P}, \qquad \text{d'où} \qquad \mathcal{B} \leqq X \cdot . \mathcal{C}Y = \mathcal{P},$$

Par suite, $\mathcal{P}$ est premier.

Corollaire. — *Un élément* X *distinct de* U *ne possède qu'un nombre fini de résiduels pseudo-essentiels* (*et par suite un nombre fini de résiduels essentiels*).

On sait en effet que X ne possède qu'un nombre fini de résiduels à gauche propres premiers ([I], th. 2.1).

Afin d'établir la réciproque de la propriété 3, nous allons démontrer le lemme suivant :

Lemme. — *Si $\mathcal{P}$ est résiduel pseudo-essentiel de* X *par rapport à* Y, *il existe un élément* X′ *$\mathcal{P}$-primal tel qu'on ait*

$$X' \geqq X \qquad \text{et} \qquad X' \cap Y = X \cap Y.$$

Supposons que X ne soit pas $\mathcal{P}$-primal; il existe donc un résiduel à gauche propre premier $\mathcal{P}_1$ de X avec $\mathcal{P}_1 \not\leqq \mathcal{P}$. Formons $X .\!\cdot \mathcal{P}_1 > X$. L'hypothèse $(X .\!\cdot \mathcal{P}_1) \cap Y \not\leqq X$ entraînerait, puisque $\mathcal{P}$ est résiduel pseudo-essentiel de X par rapport à Y,

$$\mathcal{P} = X \cdot . [(X .\!\cdot \mathcal{P}_1) \cap Y] \geqq X \cdot . (X .\!\cdot \mathcal{P}_1) \geqq \mathcal{P}_1.$$

On a donc $(X .\!\cdot \mathcal{P}_1) \cap Y \leqq X$ c'est-à-dire $(X .\!\cdot \mathcal{P}_1) \cap Y = X \cap Y$. Il en résulte que $\mathcal{P}$ est résiduel pseudo-essentiel de $X_1 = X .\!\cdot \mathcal{P}_1$ par rapport à Y. En effet, l'hypothèse $Y \not\leqq X$ entraîne $Y \not\leqq X_1$ puisque $Y \leqq X_1$ impliquerait $Y = X_1 \cap Y = X \cap Y$, soit $Y \leqq X$; de plus, on a

$$\mathcal{P} = X \cdot . Y = (X \cap Y) \cdot . Y = (X_1 \cap Y) \cdot . Y = X_1 \cdot . Y;$$

enfin les relations $Z \not\leqq X_1$, $Z \leqq Y$ entraînent $Z \not\leqq X$, $Z \leqq Y$ et

$$\mathfrak{P} = X \cdot . Z = (X \cap Y) \cdot . Z = (X_1 \cap Y) \cdot . Z = X_1 \cdot . Z.$$

Si $X_1 = X . \cdot \mathfrak{P}_1$ n'est pas $\mathfrak{P}$-primal, on peut recommencer sur X_1, $\mathfrak{P}$, Y le raisonnement fait sur X, $\mathfrak{P}$, Y. On met en évidence une chaîne croissante de résiduels à droite de X, soit $X < X_1 < X_2 < \ldots$ et l'on a $X_i \cap Y = X \cap Y$ pour tout i. Cette chaîne devant être finie, on obtient nécessairement un élément X_i $\mathfrak{P}$-primal et le lemme est démontré.

Propriété 5. — *Si le treillis* (L) *est semi-modulaire, tout résiduel pseudo-essentiel de* X *est un résiduel essentiel de* X (4).

Soit $\mathfrak{P}$ résiduel pseudo-essentiel de X par rapport à Y. Considérons, d'après le lemme, un élément X' $\mathfrak{P}$-primal tel qu'on ait $X' \geqq X$ et $X' \cap Y = X \cap Y$. Si X' coïncide avec X, $\mathfrak{P}$ est résiduel à gauche propre maximal de X et par suite résiduel essentiel de X d'après la propriété 1. On peut donc supposer $X < X'$. On a alors

$$X' > X, \qquad Y \not\leqq X \qquad \text{et} \qquad X' \cap Y \leqq X.$$

Le treillis (L) étant semi-modulaire, il existe d'après le lemme 7.1 de [I] un élément $Y' > X$ tel que $X = X' \cap Y'$ cet élément Y' pouvant être pris sous la forme

$$Y' = X \cup Y_1, \qquad \text{avec} \quad Y_1 \leqq Y, \qquad Y_1 \not\leqq X.$$

Montrons que $\mathfrak{P}$ est résiduel essentiel de X par rapport à Y'. On a d'abord $X < Y'$ et $X \cdot . Y' = X \cdot . (X \cup Y_1) = X \cdot . Y_1 = \mathfrak{P}$ puisque Y_1 vérifie $Y_1 \leqq Y$ et $Y_1 \not\leqq X$. Soit Z satisfaisant à $X < Z \leqq Y'$. On a $Z \not\leqq X'$ car $Z \leqq X'$ entraînerait $Z \leqq X$. Formons $X \cdot . Z = (X' \cap Y') \cdot . Z = X' \cdot . Z$. L'élément $X' \cdot . Z$ est un résiduel à gauche propre de X' qui est $\mathfrak{P}$-primal. Il en résulte $X' \cdot . Z \leqq \mathfrak{P}$ et par suite $X \cdot . Z = \mathfrak{P}$. La propriété est démontrée.

(*) Séance du 13 janvier 1958.

(1) Les idéaux tertiaires constituent une généralisation des idéaux primaires permettant d'étendre la théorie classique d'Emmy Nœther au cas non commutatif. *Cf.* L. Lesieur et R. Croisot, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1988. Cette Note a été développée dans L. Lesieur et R. Croisot, *Théorie nœthérienne des anneaux, des demi-groupes et des modules dans le cas non commutatif* ([I] et [II]) : [I] *Colloque d'Algèbre Supérieure*, Bruxelles, décembre 1956 (sous presse); [II] *Math. Ann.* 1957 (sous presse).

(2) Dans le cas des idéaux à gauche d'un anneau U par exemple, (L) désigne le treillis des idéaux à gauche, ($\mathfrak{T}$) le treillis des idéaux bilatères, $X \cdot . Y$ représente le résiduel à gauche de l'idéal à gauche X par l'idéal à gauche Y, c'est-à-dire le plus grand idéal bilatère $\mathcal{B}$ satisfaisant à $\mathcal{B} Y \leqq X$. La relation $\leqq$ est la relation d'inclusion.

(3) Dans sa thèse (*Propriétés d'irréductibilité dans les modules, théorie multiplicative, S-normalité*, Paris, 1957), J. Guérindon considère des idéaux de cette forme pour un anneau commutatif et il montre qu'un tel idéal est premier maximal.

(4) La démonstration utilise, outre la semi-modularité du treillis (L), les conditions de chaîne du paragraphe 1 de [I], c'est-à-dire la condition de chaîne ascendante pour les

résiduels à droite et pour les résiduels à gauche de X. En fait, on a seulement besoin de la condition de chaîne ascendante pour les résiduels à droite de X.

La propriété 5 est également valable si l'on suppose la semi-modularité de (L) et la condition de chaîne descendante affaiblie dans (L). En effet, choisissons un élément Y_1 satisfaisant à $X \cap Y < Y_1 \leq Y$ et qui soit minimal. Puisque Y_1 couvre $X \cap Y = X \cap Y_1$ et que le treillis (L) est semi-modulaire, $X \cup Y_1$ couvre X. Il en résulte que $\mathfrak{L}$, qui est égal à $X \cdot . (X \cup Y_1)$, est un résiduel essentiel de Z d'après la propriété 2.

Notons encore que la propriété 5 est valable sans aucune condition de chaîne si le treillis (L) est modulaire, ce qui est le cas dans les applications aux anneaux, aux demi-groupes et aux modules. En effet, si $\mathfrak{L} = X \cdot . Y$ est résiduel pseudo-essentiel de X par rapport à Y, on a $\mathfrak{L} = X \cdot . (X \cup Y)$, et, si Z vérifie $X < Z \leq X \cup Y$, on peut écrire, en vertu de la modularité, $Z = X \cup (Z \cap Y)$, d'où $X \cdot . Z = X \cdot . (Z \cap Y) = \mathfrak{L}$ puisqu'on a $Z \cap Y \not\leq X$, $Z \cap Y \leq Y$.

Nous ne savons pas si la propriété 5 est encore valable quand on impose à (L) la semi-modularité sans aucune condition de chaîne.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur les pseudogroupes de Lie de type fini.* Note de M. **Charles Ehresmann**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Le plus grand groupe de transformations contenu dans un pseudogroupe de Lie de type fini est un groupe de Lie. J'ai exposé ce théorème pour la première fois au *Math. Colloquium*, Yale University, le 23 mars 1955. L'énoncé a été publié seulement dans la Notice sur mes travaux (mai 1955).

Soit V_n une variété différentiable de classe $\mathcal{C}^p$ et soit Π^r le groupoïde des jets inversibles d'ordre r de V_n dans V_n, $r < p$. Soit Φ^r une sous-variété de Π^r, de classe $\mathcal{C}^q$, $q > 1$, contenant l'ensemble Δ^r des jets j^r_x d'ordre r de l'application identique de V_n. Rappelons que Φ^r est un système différentiel et qu'un germe de solution de Φ^r est le jet local $j^{\lambda}_x \varphi$ d'une application φ d'un ouvert $\mathfrak{U}$ de V_n dans V_n telle que $j^r_u \varphi \in \Phi^r$ pour tout $u \in \mathfrak{U}$. Une solution de Φ^r est un ouvert de l'espace des germes de solution. Supposons que Φ^r satisfait aux conditions suivantes :

1° L'application canonique de Φ^r dans Π^{r-1} est localement biunivoque (système de Mayer-Lie).

2° Φ^r est un sous-groupoïde de Π^r.

3° Φ^r est complètement intégrable ; c'est-à-dire tout élément de Φ^r est projection d'un germe de solution.

Un élément X de Φ^r s'identifie à $j^1_x \sigma$, où σ est un relèvement local de V_n dans Π^{r-1} tel que $\alpha\sigma =$ application identique, où α est la projection « source ». Par suite de 1°, σ est la projection d'un relèvement local σ' de V_n dans Φ^r tel que $X' = j^1_x \sigma'$ soit un jet *semi-holonome* (1). L'ensemble $\overline{\Phi}^{r+1}$ des éléments X' est le prolongement semi-holonome de Φ^r. L'application canonique de $\overline{\Phi}^{r+1}$ sur Φ^r est biunivoque. La condition 3° est équivalente à la suivante : *Les éléments de $\overline{\Phi}^{r+1}$ sont holonomes. C'est une condition équivalente à la condition d'intégrabilité de Frobenius.* L'élément X' s'identifie à un élément de contact de dimension n,

transversal par rapport à la projection α sur V_n ; Φ^{r+1} s'identifie à un champ complètement intégrable Ψ^r d'éléments de contact de dimension n dans Φ^r.

Les solutions de Φ^r correspondent aux variétés intégrales de Ψ^r ; les solutions complètes sont les feuilles du feuilletage défini par Ψ^r. Pour la topologie fine de ce feuilletage, Φ^r est un espace étalé (²) sur V_n par α ainsi que par β (projection « but »). Par définition, *l'ensemble des solutions biunivoques de* Φ^r *est un pseudo groupe de Lie* Γ *de type fini*. L'ensemble des solutions qui sont des applications biunivoques de V_n sur V_n est le plus grand groupe de transformations G contenu dans Γ.

THÉORÈME. — G *est un groupe de transformations de Lie*.

Soit F_x la sous-variété de Φ^r qui se projette par α sur $x \in V_n$. Un vecteur X tangent à F_x au point $\tilde{x} = j^r_x \in \Delta^r$ sera appelé *transformation infinitésimale de* Γ *au point* x. L'ensemble Θ de ces vecteurs forme un espace fibré de base V_n et dont les fibres Θ_x sont des espaces vectoriels. Considérons le groupe d'holonomie (³) π_x du feuilletage de Φ^r au point x. Les éléments de π_x sont des jets locaux inversibles de F_x sur F_x, de source et de but x, de classe $\geqq 1$. En passant aux jets d'ordre h, on obtient le groupe d'holonomie d'ordre h. Le groupe d'holonomie d'ordre 1 est un groupe d'automorphismes de Θ_x et c'est un groupe structural discret pour Θ, qui est donc également muni d'un feuilletage transversal. Un germe local de feuille est un germe local de transformation infinitésimale de Γ en x. Il correspond aussi à un germe local de champ de vecteurs dans V_n au point x. Un vecteur $X \in \Theta_x$ correspond d'une façon canonique à un germe d'ordre $r - 1$ d'un tel champ de vecteurs dans V_n.

Un voisinage de x dans F_x est un noyau de groupe de Lie, dont la loi de composition se définit simplement par le feuilletage de Φ^r ; Θ_x est l'algèbre de Lie correspondante. Θ muni de la topologie fine de son feuilletage est un revêtement de V_n et définit un pseudogroupe de Lie infinitésimal de type fini. Inversement tout pseudogroupe de Lie infinitésimal de type fini engendre un « noyau » de pseudogroupe de Lie de type fini et même un pseudogroupe de Lie de type fini.

Soit F'_x l'ensemble des points d'intersection de F_x avec les feuilles de Φ^r qui correspondent aux éléments de G ; la correspondance entre F'_x et G est biunivoque. Soit y un point de F_x adhérent à F'_x. On montre que la feuille passant par y est un relèvement de V_n par rapport à α et à β, c'est-à-dire définit un élément de G. La démonstration utilise les propriétés d'un feuilletage et la proposition suivante :

Pour qu'un espace E *étalé dans* V_n *soit un revêtement de* V_n, *il faut et il suffit que tout chemin de* V_n *d'origine* x *se relève dans* E *avec une origine donnée audessus de* x. *Rappelons aussi qu'un espace étalé compact est un revêtement.*

L'espace F'_x est donc fermé dans F_x. D'après un théorème classique de E. Cartan, un noyau de sous-groupe fermé dans un noyau de groupe de Lie

est un noyau de groupe de Lie. *Donc* G *est un groupe de Lie représenté par une sous-variété* F'_x *de* F_x.

Le théorème se généralise pour le cas où la condition 3° n'est pas vérifiée. Il entraîne alors le résultat suivant :

Étant donné un sous-groupe G *de* L_n *tel qu'on puisse associer à toute* G-*structure sur* V_n *une connexion affine covariante* ([4]), *le groupe des automorphismes d'une telle* G-*structure est un groupe de Lie*.

Supposons V_n compact et le groupe d'holonomie du feuilletage de Φ^r en $\tilde{x}$ réduit à l'identité. D'après le théorème de stabilité, toutes les feuilles passant par un point suffisamment voisin de $\tilde{x}$ correspondent à des éléments de G. Si Φ^r est de plus connexe, F'_x se réduit à F_x et Γ *est par suite le pseudogroupe déduit par localisation de* G. Ce théorème ([4]) est encore valable si V_n n'est pas compact, mais vérifie la condition : Tout chemin de V_n peut être relevé, par rapport à α, dans toute feuille de Φ^r voisine de Δ^r. V_n est alors dit *complet* pour le pseudogroupe Γ.

([1]) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1762.

([2]) Un espace E est *étalé* dans E' par p lorsque p est réunion d'homéomorphismes d'ouverts de E sur des ouverts de E'.

([3]) Cette notion, introduite par l'auteur, est fondamentale dans la théorie des feuilletages (*Comptes rendus*, 243, 1956, p. 344).

([4]) *Int. Congr. of Math. Amsterdam*, 1, 1954, deux communications par C. Ehresmann, p. 478, 479.

THÉORIE DE LA DIMENSION. — *Sur la catégorie de Lusternik-Schnirelmann.*

Note de M. **Israël Berstein**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

On établit des relations entre la catégorie (dans le sens de Lusternik-Schnirelmann) d'un espace X et son groupe fondamental, ses invariants homotopiques et cohomologiques. On obtient aussi des relations entre la catégorie Lusternik-Schnirelmann de X et les catégories dimensionnelles, conduisant à des renseignements sur la catégorie des variétés V^n et à la détermination complète de celle des V^3.

L'espace X est toujours paracompact, connexe, localement connexe par arcs et dominé par un CW-complexe ([1]); cette classe comprend tous les ANR, compacts ou non.

Un ouvert $U \subset X$ est catégorique (m-catégorique) si l'inclusion $i : U \to X$ [si toute application continue $\varphi : P \to X$ telle que $\varphi(P) \subset U$, où P est un CW-complexe avec $\dim P \leq m$] est homotope à une constante. La catégorie de Lusternik-Schnirelmann ([2]) cat X [la catégorie m-dimensionnelle $\mathrm{cat}_m X$ ([3])] est le plus petit $k \leq \infty$ tel qu'il existe un recouvrement de X par k ouverts catégoriques (m-catégoriques).

1. Théorème 1. — *Si* $\dim X \leq n$ [*plus généralement, si* $H^q(XA) = 0$ *pour* $q \geq n+1$ *et pour tout système local* A], *alors*,

$$\text{cat}\, X \leq \text{cat}_m X + \left[\frac{n}{m+1}\right] \tag{1}$$

et

$$\text{cat}\, X \leq \max(\text{cat}_{n-1} X,\ 2) \tag{2}$$

[$[n/(m+1)]$ *est le plus grand entier contenu dans* $n/(m+1)$].

Le théorème 1 possède plusieurs corollaires, établissant des relations entre les catégories dimensionnelles et cat X. Il contient aussi un résultat de D. P. Grossman ([4]).

Soit $\Pi = \pi_1(X, x_0)$. La dimension $\dim \Pi$ est le plus petit n tel que $H^q(\Pi, A) = 0$ pour tout $q \geq n+1$ et tout $Z(\Pi)$-module A. Un théorème d'Eilenberg et Ganea ([5]) affirme que pour X asphérique, $\text{cat}\, X = \dim \Pi + 1$ si Π n'est pas exceptionnel [Π est exceptionnel s'il n'est pas libre mais $\dim \Pi = 1$; on ignore si un tel groupe existe ([5])].

Corollaire. — *Dans les hypothèses du théorème 1, si* Π *n'est pas exceptionnel*

$$\text{cat}\, X \leq \dim \Pi + \left[\frac{n}{2}\right] + 1. \tag{3}$$

Théorème 2. — *Si* $\dim X \leq n$ [*ou si* $H^q(X, A) = 0$ *pour* $q \geq n+1$], $\text{cat}\, X = n+1$ *si et seulement si* $\text{cat}_1 X = n+1$.

2. Soit V^n une variété n-dimensionnelle compacte (sans hypothèses d'orientabilité ou de triangulabilité) et $\Pi = \pi_1(V^n, x_0)$.

Théorème 3. — *Si* $\pi_i(V^n, x_0) = 0$, $2 \leq i \leq k-1$, *où* $k-1 \geq [n/2]$, *alors* ([6])

$$n+1 = \text{cat}_1 V^n = \text{cat}\, V^n \leq \dim \Pi + 1$$

ou bien

$$\text{cat}\, V^n = \text{cat}_1 V^n + 1 = \dim \Pi + 2 \leq n - k + 2,$$

sauf, peut-être, le cas « exceptionnel »

$$\dim \Pi = 1, \qquad \text{cat}_1 V^n = 3 \qquad \textit{et} \qquad \text{cat}\, V^n = 3 \quad \textit{ou}\ 4.$$

Corollaire 1. — *Pour les* V^3 *arbitraires la catégorie est complètement déterminée par* $\Pi = \pi_1(V^3, x_0)$.

Groupe Π.	$\text{Cat}_1 V^3$.	$\text{Cat}\, V^3$.
a. Nul	1	2
b. Libre	2	3
c. Exceptionnel	3	3
d. Tous les autres cas $\dim \Pi \geq 3$	4	4

Corollaire 2. — Pour les V^3 arbitraires : $\dim \Pi \neq 2$.

Ce résultat contient, en particulier, le résultat de K. Reidemeister ([6]), selon lequel $\Pi \neq Z + Z$.

On obtient le théorème 1 par un raisonnement de déformation, analogue à celui de (4), pour les complexes simpliciaux, en passant ensuite aux espaces X plus généraux par l'intermède de la réalisation géométrique du complexe singulier de X. La preuve du théorème 2 s'appuie, en outre, sur un théorème de T. Ganea (7) [*voir* aussi (5), prop. 3]. Pour le théorème 3, on utilise les obstructions, la dualité et les produits dans les variétés, en coefficients locaux.

(1) J. H. C. Whitehead, *Bull. Amer. Math. Soc.*, 55, 1949, p. 213-245.
(2) L. A. Lusternik et L. G. Schnirelmann, *Act. scient. et industr.*, n° 188, 1934.
(3) R. H. Fox, *Ann. Math.*, 42, n° 2, 1941, p. 333-370.
(4) D. P. Grosman, *Doklady A. N. S. S. S. R.*, 54, 1946, p. 109-112.
(5) S. Eilenberg et T. Ganea, *Ann. Math.*, 65, 1957, p. 517-518.
(6) K. Reidemeister, *Monatsh. Math. Ph.*, 43, 1936, p. 20-28.
(7) T. Ganea, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 1407, th. 3.

CALCUL NUMÉRIQUE. — *Récurrences d'ordre supérieur pour des équations aux différences.* Note (*) de M. **Joseph Hersch**, présentée par M. Paul Montel.

On énonce un postulat général sur les fonctions propres discrètes, satisfait exactement dans tous les cas élémentaires et approximativement en général. Sous réserve de ce postulat, une récurrence du deuxième ordre permet de calculer les valeurs propres de membranes vibrantes. Là où le postulat n'est pas satisfait, on obtient de bonnes valeurs approchées.

1. Lors du calcul approché de problèmes aux valeurs propres, on sait que les méthodes classiques aux différences fournissent d'une façon générale de bien meilleures approximations pour les fonctions propres que pour les valeurs propres. Pour parvenir plus près de ces dernières, nous voulons les calculer *exactement à partir du postulat* suivant :

Postulat. — *Les fonctions propres discrètes, définies aux nœuds d'un réseau, sont supposées égales en ces nœuds aux fonctions propres continues correspondantes.*

Nous allons appliquer ce postulat au problème des *membranes vibrantes*.

2. *Récurrence pour des fonctions de nœuds sur un réseau quadratique.* — Nous caractérisons l'opérateur discret L_h par le schéma

$$\begin{matrix} & 1 & \\ 1 & A_h & -1 \\ & \cdot 1 & \end{matrix}$$

c'est-à-dire

$$L_h[u(x, y)] = A_h u(x, y) - u(x+h, y) - u(x-h, y) - u(x, y+h) - u(x, y-h).$$

A partir du postulat ci-dessus, on obtient la récurrence du deuxième ordre

suivante : $L_h[u]=0$ et $L_{2h}[u]=0$ entraînent $L_{4h}[u]=0$, avec

(1) $$A_{4h} = \frac{1}{2}A_{2h}^2 + A_{2h}A_h^2 - \frac{1}{2}A_h^4 + 4A_h^2 - 4$$

3. *Résolution de la récurrence :*

(2) $$A_h = 2\cos(k_1 h) + 2\cos(k_2 h);$$

k_1 et k_2 sont deux paramètres encore libres, comme il se doit pour une récurrence du deuxième ordre. Le *passage à la limite* $h \to 0$ donne $\Delta u + \lambda u = 0$, où

(3) $$\lambda = k_1^2 + k_2^2.$$

4. *Calcul effectif de* λ. — On peut déterminer k_1 et k_2 à partir de deux valeurs A_{h_1} et A_{h_2} (équation transcendante); le plus simple est d'utiliser les mailles h et $2h$: définissons c_1 et c_2 par

(4) $$c_{\substack{1\\2}} = \left(\frac{1}{4}A_h \pm \sqrt{2A_{2h} - A_h^2 + 8}\right),$$

on obtient alors

(5) $$k_{\substack{1\\2}}\ \frac{1}{h}\,\operatorname{arc\,cos}_{\substack{1\\2}}$$

et λ est donnée par (3).

5. *Membrane libre.* — Des récurrences supplémentaires permettent d'établir, sur le contour, les opérateurs L_h caractérisés par les schémas suivants :

contour rectiligne :

```
   -1
    |
-2  Ah
    |
   -1
```

coin sortant :

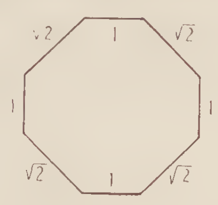
```
--2---Ah
      |
     -2
      |
```

coin rentrant :

```
      -1
       |
-2  3/2 Ah --1---
      -2
```

6. *Exemples.* — 6.1. Le postulat est satisfait pour tous les rectangles et pour le triangle rectangle isoscèle : les formules ci-dessus y sont donc *exactes*.

6.2 Vibration fondamentale de la membrane ci-contre (octagone non régulier), à contour lié : $u=0$; on sait que $\lambda > 2{,}595$ (cercle de même surface).

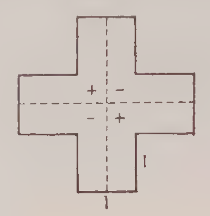


On calcule directement : $A_1 = 2$, $A_{\frac{1}{2}} = 3{,}3800$, $A_{\frac{1}{3}} = 3{,}7147$; *à partir de* A *et* $A_{\frac{1}{2}}$, on obtient (*cf.* § 4) $k_1 = i.0{,}52536$ et $k_2 = \pi.0{,}5451$, d'où

$$\lambda \simeq 2{,}657$$

et (si la récurrence était exacte) $A_{\frac{1}{3}} \simeq 3,7137$. L'écart relatif de $\left(4 - A_{\frac{1}{3}}\right)$ n'est que de $0,35\ \%$ ce qui donne confiance dans la valeur calculée pour λ.

6.3. Membrane *libre* en forme de croix fédérale suisse, vibration ayant les lignes nodales indiquées en pointillé sur la figure.



Résultats : $A_1 = -2/3$, $A_{\frac{1}{2}} = \sqrt{10/3}$, $A_{\frac{1}{4}} = 3,3672_5$; A_1 et $A_{\frac{1}{2}}$ donnent $\lambda \simeq 10,577$ et $A_{\frac{1}{4}} \simeq 3,3702$ (écart relatif de $4 - A_{\frac{1}{4}}$: $0,48\ \%$) ; $A_{\frac{1}{2}}$ et $A_{\frac{1}{4}}$ donnent $\lambda \simeq 10,641$.

L'écart relatif entre ces deux valeurs approchées de λ est de $0,6\ \%$; il faut remarquer que le calcul de A_1 et $A_{\frac{1}{2}}$ est immédiat, tandis que celui de $A_{\frac{1}{4}}$ se rapporte à un déterminant d'ordre 11.

7. *Fonctions de nœuds sur un réseau de triangles équilatéraux.* — L'opérateur L_h étant caractérisé par le schéma

$$\begin{array}{ccccc} & -1 & & -1 & \\ -1 & & \Lambda_h & & -1 \\ & -1 & & -1 & \end{array}$$

on obtient (sous le même postulat) la récurrence du deuxième ordre

$$A_{4h} = \frac{1}{2} A_{2h}^2 + A_{2h}(A_h^2 + 4A_h + 2) - \frac{1}{2} A_h^4 + 6A_h^2 + 8A_h. \tag{6}$$

On peut la résoudre en posant

$$\left\{ \begin{array}{ll} (a) & A_h = 2\cos(k_1 h) + 2\cos(k_2 h) + 2\cos[(k_1 + k_2) h]; \\ (b) & A_h = 2\cos(\varkappa_1 h) + 4\cos\dfrac{\varkappa_1 h}{2}\cos\dfrac{\varkappa_2 h}{2}. \end{array} \right. \tag{7}$$

Le calcul effectif de λ exige la résolution de l'équation cubique

$$y^3 - \frac{A_h}{2} y^2 + \frac{A_h^2 - A_{2h} - 6}{8} y - \frac{A_{2h} + 2}{8} = 0 \tag{8}$$

et peut être effectué par l'une des deux méthodes suivantes :

a. Soient c_1, c_2, c_3 les trois racines de l'équation (8); on pose

$$k_i = \frac{1}{h} \arccos c_i, \qquad \text{d'où} \quad \lambda = \frac{2}{3}(k_1^2 + k_2^2 + k_3^2). \tag{9}$$

Remarque. — *Si* l'une des racines $c_1 = 1$, on a la récurrence du premier ordre $A_{2h} = (1/2)A_h^2 - 2A_h$, d'où $c_2 = c_3 = (1/4)(A_h - 2)$ et, avec $k_1 = 0$, $k_2 = k_3$, $A_h = 2 + 4\cos(k_2 h)$ et $\lambda = (4/3)k_2^2$; on retrouve ainsi, comme cas particulier, un résultat d'une Note précédente [1].

b. Soit γ_1 une racine *réelle* de l'équation (8); posons

(10) $$\gamma_2 = \frac{A_{2h} + 2}{4\gamma_1} - \gamma_1$$

et

(11) $$\varkappa_2^1 = \frac{1}{h} \arccos \gamma_2^1; \qquad \text{alors} \quad \lambda = \varkappa_1^2 + \frac{1}{3}\varkappa_2^2.$$

Même remarque que ci-dessus, pour le cas où $\gamma_1 = 1$.

La méthode b est à préférer lorsque l'équation (8) *a deux racines complexes.*

On obtient des valeurs exactes pour la bande infinie et pour le triangle équilatéral.

8. *Si* le postulat se trouvait vérifié pour un domaine polygonal « non trivial », la méthode exposée fournirait de nouvelles valeurs propres exactes.

(*) Séance du 6 janvier 1958.

(1) *Comptes rendus*, **243**, 1956, p. 1475, formule (2).

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur les pertes d'information qui sont des fonctions de risque.* Note (*) de M. **Pierre Thionet**, présentée par M. Georges Darmois.

Dans une Note antérieure (1) on a défini une structure $\mathfrak{S}$ de sondage, une perte d'information relative à un plan de sondage, et une fonction de risque de Basu $\mathcal{E}W(Z; \zeta)$ concernant l'estimation du paramètre ζ de la distribution sondée, par l'estimateur $\mathfrak{Z}$ égal à Z pour l'échantillon tiré. On considère une suite de plans de sondage de tailles non croissantes; soit $Z_0 = \zeta$, Z_1, Z_2, ... la suite des expressions correspondantes de $\mathfrak{Z}$, les plans (1) et (2) appartenant à cette suite sans être nécessairement consécutifs.

On va donner des *conditions nécessaires* pour que $\mathcal{E}W$ soit perte d'information, — renvoyant à la Note précédente pour les conditions *suffisantes*. On supposera W fonction développable en série entière et les distributions des aléatoires Z_1, Z_2, *quelconques* (absence de toute relation entre moments) de même que la distribution sondée.

1. Partant de la relation de récurrence des pertes d'information

(1) $$\mathcal{E}W(Z_2, \zeta) - \mathcal{E}W(Z_1, \zeta) = \mathcal{E}EW(Z_2, Z_1)$$

$\mathcal{E}W(Z_i, \zeta) = f_i(\xi)$ est nécessairement de la forme $k_i - \Phi(\zeta)$, d'où

$$EW(Z_2 Z_1) = K_{21} - \Phi(Z_1) \qquad \text{d'où} \qquad \mathcal{E}W(Z_1, \zeta) = k_2 - \mathcal{E}K_{21} + \mathcal{E}\Phi(Z_1) - \Phi(\zeta).$$

Par hypothèse W est une *fonction* de ζ, donc $\mathcal{E}W(Z_1\zeta)$ ne dépend pas des sondages (2), d'où l'obligation pour $k_2 - \mathcal{E}K_{21}$ de disparaître :

Théorème 1. — $\mathcal{E}W$ est nécessairement de la forme $\mathcal{E}\Phi(Z) - \Phi(\zeta)$.

2. *Cas singulier.* — Si l'erreur d'échantillonnage a un signe constant, tant pour $Z_2 - Z_1$ que pour $Z_1 - \zeta$, *le module du biais* est perte d'information, ainsi que tout $|g(Z) - g(\zeta)|$ où g est une fonction monotone.

Réciproquement, si $\mathcal{E}Z - \zeta$ a un signe constant, il est nécessaire que l'erreur ait un signe constant pour qu'on puisse écrire $\pm W = Z - \zeta$.

Application : Estimation de la plus grande (petite) valeur, ou de l'étendue (« range ») d'une distribution, par celle de l'échantillon.

3. Posons (2) $W(Z, \zeta) \doteq \Delta(Z, \zeta) + \Phi(Z) - \Phi(\zeta)$ de sorte que $\mathcal{E}\Delta(Z, \xi) = 0$; d'où il suit que

Théorème *a*. — *Si la relation entre estimateur Z et estimé ζ ne peut se mettre sous la forme*

$$\mathcal{E}\omega(Z, \xi) = 0 \tag{4}$$

il n'existe pas de fonction $W(Z, \xi)$ (mais une fonctionnelle).

Théorème *b*. — *Si la relation est de cette forme, on a nécessairement*

$$\Delta(Z, \xi) = \Psi(\zeta)\,\omega(Z, \zeta) \tag{5}$$

ce dernier point résultant des exigences formulées quant à la régularité des fonctions et la généralité des distributions.

Désignant par un astérisque les fonctions où Z et ζ sont permutés, on a :

$$W + W^* = \Delta + \Delta^* = \Psi\omega + \Psi^*\omega^* \tag{6}$$

$$\Phi(\zeta) - \Phi(Z) = \frac{\Delta - \Delta^*}{2} = \frac{\Psi\omega - \Psi^*\omega^*}{2}. \tag{7}$$

Le cas où $W(= W^*)$ est symétrique est plus spécialement intéressant.

4. *Estimation sans biais* : $\omega = \zeta - Z$.

Théorème *a*. — *Si* W *est symétrique, on a* $W = \lambda(Z - \zeta)^2$, $\Phi = \lambda\zeta^2$.

En effet (7) s'écrit :

$$[2\Phi(Z) - Z\Psi(Z)] + [\xi\Psi(Z) - Z\Psi(\xi)] - [2\Phi(\zeta) - \zeta\Psi(\zeta)] = 0$$

où chacun des crochets doit s'annuler séparément à cause de la généralité imposée à Z.

Théorème *b*. — *Si* W *est asymétrique, on a* $W = \Phi(Z) - \Phi(\zeta) + \Phi'(\zeta)(\zeta - Z)$ *où* Φ *est arbitraire, à part la condition* $\Phi'' > 0$.

En effet $\partial W/\partial Z = \Phi'(Z) - \Psi(\xi)$ doit être nulle pour $Z = \xi$, et $\partial^2 W/\partial Z^2 = \Phi''(Z)$ doit être positive.

5. *Généralisation* : $\omega = f(\xi) - f(Z)$. — On a nécessairement :

$$a)\quad W = W^* = \lambda[f(Z) - f(\zeta)]^2,\ \Phi = \lambda[f(\zeta)]^2$$

$$b)\quad W = \Phi[f(Z)] - \Phi[f(\zeta)] + \Phi[f(\zeta)][f(\zeta) - f(Z)]$$

6. *Exhaustivité des résultats précédents :*

THÉORÈME. — *Pour qu'une fonction* W (Z, ξ) *existe, il est nécessaire que* $[\mathcal{E}\omega = 0]$ *soit de la forme*

$$\varphi(\zeta)[\mathcal{E}f(Z) - f(\zeta)] = 0.$$

En effet

$$\omega(Z_1, \zeta) = \Omega \qquad \text{s'écrit} \quad Z_1 = g(\Omega, \zeta),$$
$$\omega(Z_2, Z_1) = \Omega_1 \qquad \text{»} \qquad Z_2 = h(\Omega_1, Z_1) = h_1(\Omega_1, \Omega, \zeta);$$

d'où

$$\omega(Z_2, \xi) = h_2(\Omega_1, \Omega, \xi).$$

Or $E\omega(Z_2, Z_1) = E\Omega_1 = 0$ détermine Z_1 en fonction de la distribution de Z_2 ; de même $\mathcal{E}\omega(Z_1, \zeta) = \mathcal{E}\Omega = 0$ détermine ζ. Ces deux relations entraînent donc $\mathcal{E}\omega(Z_2, \zeta) = 0$.

Ceci n'est possible que si l'on a

$$\omega(Z_2, \zeta) = \lambda_1\Omega_1 + \lambda\Omega$$

(en supposant h_2 suffisamment régulière et les distributions de Ω_1 et Ω assez générales); soit

$$\omega(Z_2, \zeta) = \lambda_1\omega(Z_2, Z_1) + \lambda\omega(Z_1, \zeta)$$

qui n'est possible qu'avec $\lambda_1 = \lambda = 1$ (faire $\xi = Z_1$ ou $Z_1 = Z_2$) ce qui implique

$$\omega(Z_2, Z_1) = f(Z_2) - f(Z_1).$$

C. Q. F. D.

Remarque. — On dira que l'estimateur est uniformément biaisé si

$$E\omega(Z_2, Z_1) = 0$$

condition qui entraîne $\mathcal{E}\omega(Z, \zeta) = 0$. Ceci suppose donc que Z_1 est lié à la distribution de Z_2 de façon *transitive*. Cette condition subsiste si ω et W sont des fonctionnelles.

(*) Séance du 13 janvier 1958.

(1) *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 46.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les solutions d'un problème aux limites de type mixte.* Note (*) de M. **MAURICE ROSEAU**, présentée par M. Henri Villat.

On se propose de poursuivre l'étude du problème qui a fait l'objet d'une Note précédente [1], en se plaçant maintenant dans l'hypothèse $k \neq 0$.

On suppose d'abord $k < 1$. On a construit antérieurement [2], deux solutions $\varphi_1^{(0)}$, $\varphi_2^{(0)}$, la première ayant à l'origine une singularité logarithmique, la seconde y étant régulière, sous la représentation

$$(1) \qquad \varphi_j^{(0)} = \mathrm{Re}\,\lambda_j \int_{C_j} \exp\frac{k}{2}\left\{x\left(\zeta + \frac{1}{\zeta}\right) + iy\left(\zeta - \frac{1}{\zeta}\right)\right\} \frac{g(\zeta)\,d\zeta}{\frac{k}{2}\left(\zeta - \frac{1}{\zeta}\right) + i}.$$

A l'aide des mêmes éléments λ_j, C_j, $g(\zeta)$ tels qu'ils sont définis dans ([2]), on construit de nouvelles solutions bornées à l'infini, en posant

$$(2) \qquad \varphi_j^{(p)} = \mathrm{Re}\,\lambda_j \int_{C_j} \exp \frac{k}{2}\left\{ x\left(\zeta + \frac{1}{\zeta}\right) + iy\left(\zeta - \frac{1}{\zeta}\right)\right\} \zeta^{p\frac{\pi}{\alpha}} \frac{g(\zeta)\, d\zeta}{\frac{k}{2}\left(\zeta - \frac{1}{\zeta}\right) + i},$$

où $\zeta^{p\frac{\pi}{\alpha}}$ est définie comme dans ([1]), p entier algébrique.

On peut montrer que $g(\zeta)$ vérifie l'équation fonctionnelle $g(\zeta) = \zeta^{(\pi/\alpha)-2} g(1/\zeta)$, et en déduire $\varphi_j^{(p)} = (-1)^j \varphi_j^{-(p+1)}$, ce qui permet de limiter notre étude au cas p entier positif.

Les $\varphi_j^{(p)}$ et leurs combinaisons linéaires sont les seules solutions bornées à l'infini qu'on peut obtenir par le moyen d'une représentation telle que (1). La solution $\varphi_1^{(p)}$ présente à l'origine une singularité d'ordre $r^{-p(\pi/\alpha)}$ si $\cos p(\pi^2/\alpha) \neq 0$, une singularité d'ordre inférieur si $\cos p(\pi^2/\alpha) = 0$, et l'on a des conclusions analogues pour $\varphi_2^{(p)}$ en remplaçant $\cos p(\pi^2/\alpha)$ par $\sin p(\pi^2/\alpha)$. Dans le cas $\alpha = \pi/2n$, n entier, les solutions $\varphi_2^{(p)}$ sont équivalentes à $\varphi_p^{(0)}$, tandis que pour α quelconque :

$$\sum_{p=-m}^{q} (A_p \varphi_1^{(p)} + B_p \varphi_2^{(p)}) = 0,$$

les coefficients réels A_p, B_p étant définis par

$$\sum_{p=-m}^{q} (A_p + iB_p)\xi^{p+m} = i\, e^{(m-1)i\frac{\pi^2}{\alpha}} \left(e^{-i\frac{\pi^2}{2\alpha}}\xi - a^{\frac{\pi}{\alpha}}\right)\left(e^{-i\frac{\pi^2}{2\alpha}} - b^{\frac{\pi}{\alpha}}\right)\left[\sum_{s=0}^{l-2} \gamma_s \left(e^{-i\frac{\pi^2}{\alpha}}\xi\right)^s\right],$$

avec $l = q + m$, $a = (1 + \sqrt{1-k^2})/k$, $b = (1 - \sqrt{1-k^2})/k$, γ_s constantes réelles arbitraires.

Désignant par $\varphi_3^{(p)}$ l'une des solutions qui est exactement d'ordre $r^{-p(\pi/\alpha)}$ à l'origine (il en existe toujours une), on obtient une suite infinie de solutions indépendantes en prenant $\varphi_1^{(0)}$, $\varphi_2^{(0)}$, $\varphi_3^{(p)}$, p entier ≥ 1, et par application au problème des ondes liquides sur une plage on peut montrer que, prescrivant l'onde de surface à l'infini et une singularité à l'origine d'ordre $r^{-q(\pi/\alpha)}$, il existe une infinité de solutions qui dépendent linéairement de q constantes arbitraires.

On suppose maintenant $k > 1$. On a construit des solutions de ce problème ([3]) sous la représentation (1). On obtient de nouvelles solutions $\varphi_j^{(p)}$ qui, toutes, tendent vers 0 à l'infini, au moyen de la formule (2), où $g(\zeta)$ désigne désormais la fonction calculée dans ([3]); mises à part leurs combinaisons linéaires, on ne peut obtenir d'autres solutions bornées à l'infini au moyen d'une formule du type (2).

Dans le cas $\pi - 2\theta \neq 2n\alpha$, n entier, $k = 1/\cos\theta$, la fonction $g(\zeta)$ vérifie $g(\zeta) = \zeta^{-2-(\pi/\alpha)} g(1/\zeta)$, d'où l'on déduit $\varphi_j^{(p)} = (-1)^j \varphi_j^{-(p-1)}$.

Le comportement à l'origine est de même nature que dans le cas $k < 1$.

Si $\pi - 2\theta = 2n\alpha$, n entier on peut établir les formules

$$\sin p\frac{\pi^2}{\alpha}\varphi_1^{(p)} + \cos p\frac{\pi^2}{\alpha}\varphi_2^{(p)} = (-1)^{np}\varphi_2^{(0)}, \qquad \varphi_j^{(p)} = (-1)^{n-1+j}\varphi_j^{(-p)}.$$

Désignant par $\varphi_3^{(p)}$ l'une des solutions $\varphi_j^{(p)}$ qui est exactement d'ordre $r^{-p(\pi/\alpha)}$ (il en existe toujours une), on obtient la suite infinie de solutions indépendantes $\varphi_2^{(0)}$, $\varphi_3^{(p)}$ si n est impair, $\varphi_1^{(0)}$, $\varphi_3^{(p)}$ si n est pair, p entier positif.

(*) Séance du 13 janvier 1958.

(1) *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 53.

(2) M. Roseau, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 479.

(3) *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 2472 et 246, 1958, p. 53.

HYDRAULIQUE. — *Étude par analogie électrique des surpressions engendrées dans une conduite forcée par une perturbation périodique à l'extrémité aval.* Note (*) de M. **Jean Piquemal**, transmise par M. Léopold Escande.

Exemple d'utilisation d'un simulateur d'analogie électrique pour l'étude des surpressions engendrées dans une conduite forcée par l'entretien d'une perturbation périodique à l'extrémité aval et comparaison des résultats obtenus par la méthode graphique de Bergeron.

Dans une récente Note, nous avons défini les bases de l'analogie électrique des surpressions dans les conduites forcées et donné le principe de réalisation d'un simulateur assurant la correspondance analogique d'une installation hydraulique comportant une conduite à caractéristique unique.

Dans une nouvelle série d'expériences, nous avons entrepris, à l'aide de ce simulateur, l'étude par analogie électrique des surpressions engendrées dans une conduite forcée par l'entretien de perturbations périodiques des conditions d'écoulement à son extrémité aval. Dans certains cas, en effet, le passage des aubes d'une roue turbine devant les ouvertures du distributeur peut entraîner une légère fluctuation du débit issu de la conduite forcée.

Soit T′ la période des perturbations, T désignant celle de la conduite,

$$f' = \frac{1}{T'} = nf, \qquad \text{avec} \quad f = \frac{1}{T}.$$

Les variations de l'amplitude des surpressions en fonction de la fréquence f' ont été étudiées par M. L. Escande (1) par application de la méthode de Bergeron.

Cet auteur schématise le problème en supposant que l'ouverture s du distributeur varie autour d'une valeur moyenne $s_m = (s_1 + s_2)/2$; elle est

égale à s_1 pendant le temps t_1 égal à une demi-période $T'/2$, puis à s_2 pendant t_2 égal à la demi-période suivante.

Cette hypothèse d'une forme rectangulaire de la courbe $s(t)$ conduit à des surpressions plus élevées que toute autre; pour un couple de valeurs données s_1 et s_2, elle est en même temps la plus simple des constructions graphiques.

Afin de pouvoir comparer plus facilement les résultats obtenus par la méthode graphique avec ceux fournis par le simulateur, nous avons retenu, dans l'étude par analogie, les mêmes hypothèses que celles qui ont servi de base à la méthode graphique.

Le simulateur d'analogie permet de traiter facilement ce problème.

On règle d'abord les caractéristiques du tube de contrôle de débit de façon à réaliser la loi de variation de débit désirée.

Les perturbations périodiques sont obtenues en appliquant sur la grille de contrôle du tube une fraction de la tension de sortie d'un générateur de signaux rectangulaires. Il suffit de régler l'amplitude et la fréquence, continuement variables, de ces signaux à une valeur convenable pour que soit assurée à une échelle déterminée, la représentation analogique des phénomènes hydrauliques qui sont à l'origine des surpressions.

Notons qu'avec le type de générateur utilisé on peut faire varier de façon continue à l'intérieur d'une même période le rapport $t_2/t_1 = \alpha$; ce rapport est égal à l'unité dans tous les cas envisagés par M. Escande. L'appareil offre donc la possibilité d'étudier, sans aucune complication supplémentaire, les variations de l'amplitude des surpressions en fonction du rapport $t_2/t_1 = \alpha$.

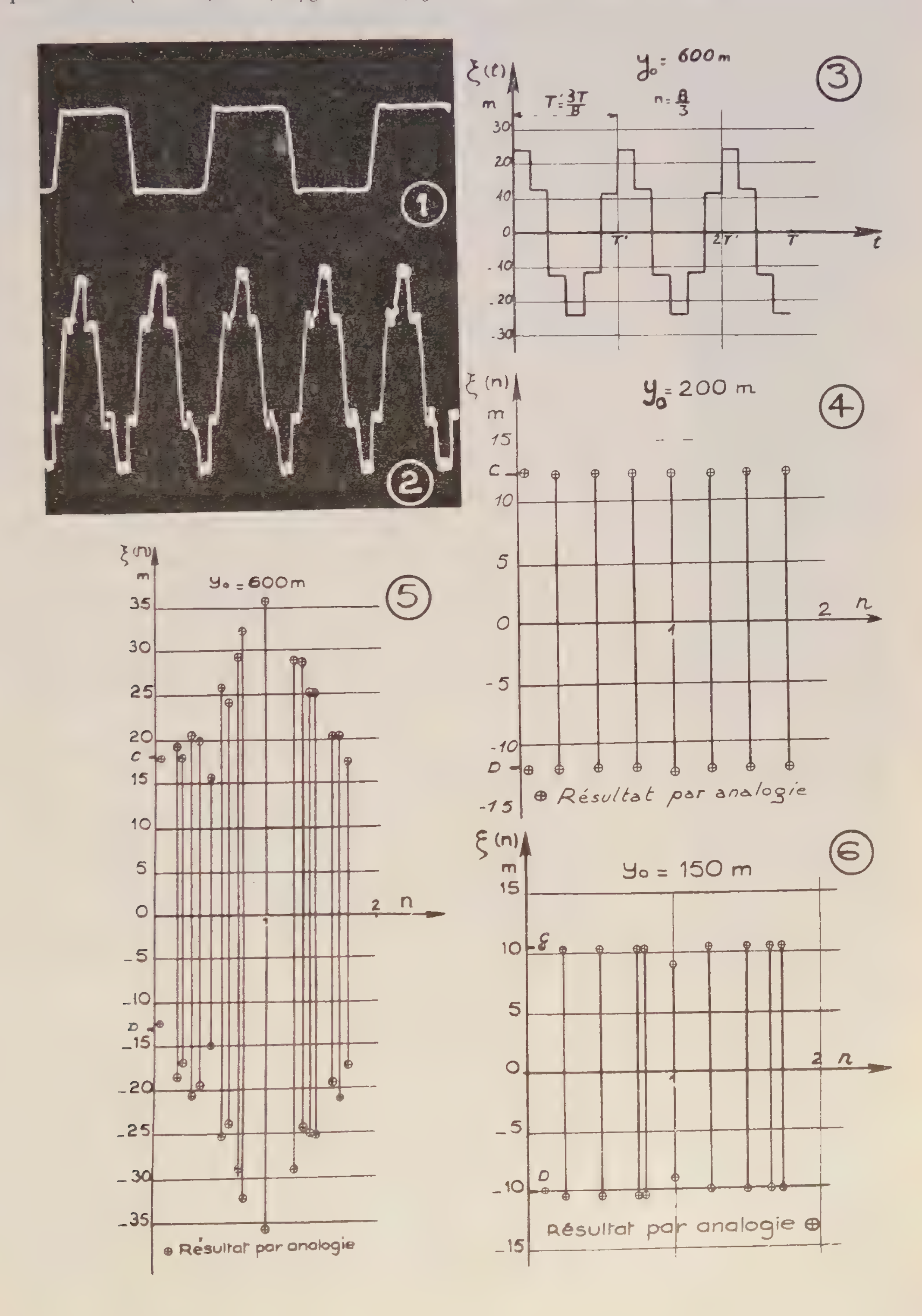
Dans la série d'expériences, dont nous donnons les résultats dans cette Note, nous avons vérifié aussi bien du point de vue qualitatif que quantitatif les résultats de l'étude de M. Escande.

Nous avons noté en particulier la périodicité de la surpression en fonction de n; la valeur de la période est égale à 2. Les harmoniques pairs engendrent des surpressions nulles; par contre, les surpressions prennent la même valeur pour tous les harmoniques impairs.

Nous reproduisons dans les figures 1 et 2 les oscillogrammes représentant les variations en fonction du temps de la surpression au distributeur pour les valeurs $n = 1$ et $n = 8/3$.

Malgré une légère déformation des signaux imputable essentiellement à l'utilisation, pour la réalisation de l'analogie, d'une ligne à constantes localisées au lieu d'une ligne à constantes réparties, le simulateur fournit l'aspect qualitatif du phénomène. En effet, l'oscillogramme de la figure 1 représente bien le phénomène de résonance de la conduite; l'oscillogramme de la figure 2 diffère assez peu de la courbe théorique correspondante de la figure 3.

En nous plaçant dans les divers cas envisagés dans l'étude graphique du problème ($S = 2{,}5\ m^2$, $a/g = 100$, $y_0 = 600$, 150, $200\ m$) et pour un débit



variant de $\pm 3\ \%$ autour de la valeur $q_0 = 10\ \mathrm{m}^3/\mathrm{s}$; nous avons mesuré les surpressions correspondant aux différentes valeurs de n.

Les figures 4, 5 et 6 sur lesquelles nous avons porté les résultats fournis par l'appareil mettent en évidence la bonne concordance entre les résultats obtenus par la méthode graphique de Bergeron et ceux donnés par le simulateur.

(*) Séance du 13 janvier 1958.

(1) *Comptes rendus*, **242**, 1956, p. 2421 et 2686.

MÉCANIQUE-PHYSIQUE. — *Mesures expérimentales du retreint dans l'emboutissage.* Note (*) de M. **Jacques Guyot**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Lorsqu'on veut réaliser un embouti profond, on découpe un flan plus grand que le col de la matrice où il doit être forcé. Ce supplément de largeur est serré sous un serre-flan. Par l'effet du poinçonnage le métal placé sous ce serre-flan est appelé vers le centre et il lui faut se « rétreindre » pour passer dans la matrice.

Plus il y aura de métal acceptant de se tréfiler ainsi, plus l'embouti sera profond. Mais pour chaque lot de tôles de fabrication homogène, il existe un maximum au-delà duquel le flan ne passe plus entièrement dans la matrice et où, par conséquent, la profondeur d'embouti est faible. C'est ce maximum qu'il est intéressant de connaître. Nous l'appelons flan de dimension critique.

On pourrait donc, par tâtonnements, essayer plusieurs flans de grandeurs différentes et voir celui qui est « critique ».

Mais pour plusieurs raisons, nous avons préféré procéder à un essai, du même genre, mais n'agissant que sur un fuseau élémentaire pris entre deux méridiens, d'un flan circulaire :

1° Cela permet d'apprécier l'aptitude au retreint d'emboutissage dans diverses directions, ce qui peut avoir de l'intérêt quand on prévoit emboutir des pièces dissymétriques;

2° C'est d'un réglage plus rapide en cours d'essai;

3° Cela permet d'utiliser une machine de traction plus répandue que les presses à emboutir dans un laboratoire.

Le fuseau qu'on peut arbitrairement découper dans un flan est figuré par une éprouvette rectangulaire portant une tête en trapèze. Le trapèze représente le métal sous serre-flan (*fig.* 1).

L'angle de ce trapèze est sans importance sur le résultat qu'on cherche à trouver et qui est le rapport P/p du périmètre extérieur au périmètre de la matrice. Il importe seulement qu'en simulant l'emboutissage, on n'intro-

duise pas d'autres effets de déformation que dans cet emboutissage réel. La barrette aura sa tête en trapèze prise dans une pièce de même forme. La traction de la partie rectangulaire obligera cette tête à se tréfiler jusqu'à

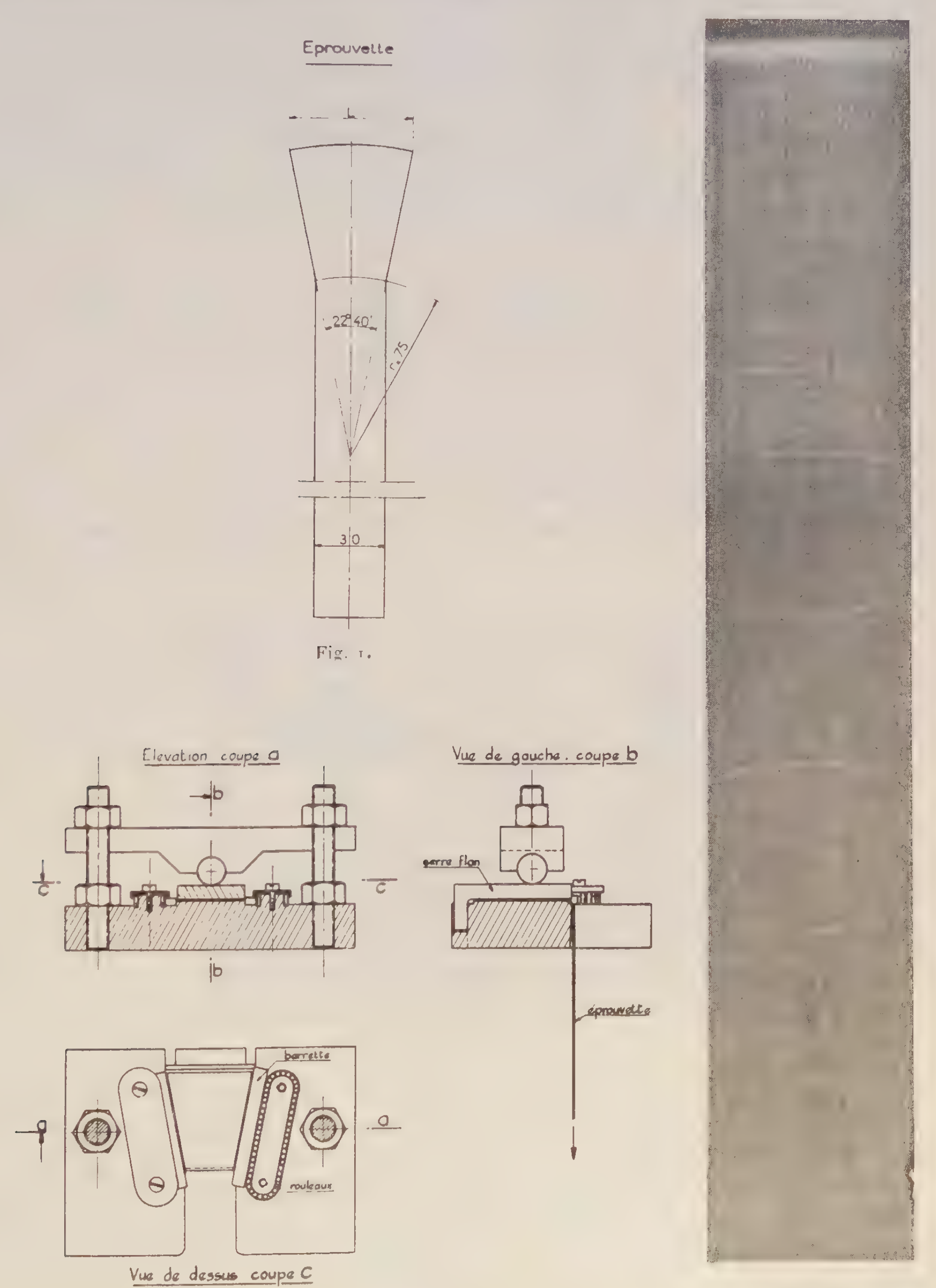


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

la dimension de la petite base (*fig.* 1). Si l'on ne prenait pas de précautions spéciales, on pourrait objecter que le frottement des bords latéraux risque de donner des « cornes », alors que dans l'emboutissage réel, les bords d'un fuseau font corps avec le bord du fuseau voisin qui avance avec lui.

Il suffit donc, pour supprimer cet « effet de bord » de constituer les parois latérales de la « filière » par des barrettes qui glissent sur un chemin de rouleaux (*fig.* 2).

On comprend que grâce à cette assimilation on a le droit de choisir arbitrairement l'angle des bords du trapèze puisque l'emboutissage réel est celui de n éprouvettes qui se juxtaposent de quelque façon qu'on choisisse n.

Désire-t-on se libérer plus complètement des légers frottements qui peuvent quand même se produire sur les glissières ? Il suffit alors de ne procéder aux mesures que sur un sous-multiple de l'angle choisi grâce à un quadrillage approprié des éprouvettes (*fig.* 3).

Mais l'expérience prouve que, pratiquement, les déformations sont assez homogènes pour qu'on puisse considérer comme écarté l'effet de bord, ce qui justifie le caractère arbitraire de l'angle adopté.

Appareil. — L'appareil utilisé pour cette réalisation est représenté figures 2 et 4.

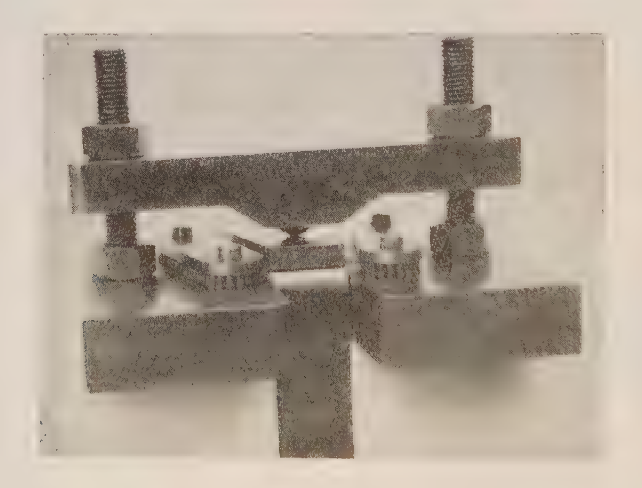


Fig. 4.

Réalisation. — On prélève plusieurs éprouvettes conformément à la figure 1. La hauteur du trapèze est prise voisine de 60 mm suivant la présomption qu'on possède sur le métal. Après avoir mis l'éprouvette en place, bien graissée avec un mélange chargé en bisulfure de Mo ou en graphite, on la tire avec la machine de traction. On note la force nécessaire à la rupture et l'on voit si la tête s'est peu ou bien tréfilée. Pour ne pas

accumuler deux dispersions, les éprouvettes suivantes seront tirées uniformément jusqu'à atteindre les 97/100e de l'effort de rupture trouvé. C'est justifié parce que dans les 3/100e restant à appliquer se produisent des strictions qui condamnent la pièce emboutie.

On utilisera ensuite quelques éprouvettes dont les têtes seront écourtées plus ou moins en vue de fixer la hauteur critique. Celle-ci correspondant à une largeur L de la grande base, à une largeur l (= 30 mm) de la petite base. Le coefficient de retreint trouvé se calculera :

$$\rho = \frac{L - l}{l} \times 100 = \frac{L - 30}{30} \times 100.$$

(*) Séance du 23 décembre 1957.

ASTRONOMIE. — *Mesures photométriques de la comète d'Encke.*

Note de M. **Pierre Mianes**, transmise par M. André Danjon.

Appareil utilisé. — Photomètre photoélectrique équipé d'une cellule Lallemand à 19 multiplicateurs et monté sur le télescope de 81 cm de l'Observatoire de Haute-Provence.

Des filtres appropriés ont été utilisés pour isoler deux séries de bandes.

a. Bande violette de CN (0.0), 3 883 Å, magnitude m_4.

Filtres Schott UG 2, 1 mm + WG 1, 1 mm, collés à la glycérine.

Bande passante, 3 600 à 4 000 Å.

b. Bandes de Swan de C_2 (1. 0), 4 737 Å ; (0. 0), 5 165 Å ; (0.1) 5 635 Å, magnitude m_5.

Filtres Schott VG 9, 1 mm.

Bande passante, 4 600 à 5 700 Å.

Les diaphragmes utilisés ont varié entre 4 et 15 mm de diamètre (pour une distance focale de 12 m).

Méthode. — Comme le temps était limité par le lever du jour, il a été nécessaire de commencer les mesures pour des distances zénithales très grandes (séc z jusqu'à 9 ou 10), aussi chaque série d'observation était rapportée à deux étoiles assez proches de la comète.

Au mois de décembre, toutes les étoiles de comparaison ont été mesurées en même temps pour ramener toutes les mesures à la même échelle.

Le tableau I donne les magnitudes photoélectriques de ces étoiles. Le tableau II donne les résultats des mesures faites sur la comète.

Pour passer de la magnitude m_5 à la magnitude V visuelle de Johnson et Morgan [1] on peut appliquer l'équation

$$V = 16,81 + m_5.$$

TABLEAU I.

N° BD +.	m_4. —	m_5. —	V. +	N° BD +.	m_4 —	m_5. —	V. +
31°1784	4,24	7,99	8,82	21°2159	8,41	10,17	6,64
1814	6,71	8,61	8,20	2161	5,15	7,39	9,42
1818	5,71	7,61	9,20	18°2366	5,34	8,10	8,71
29°1837	4,78	7,90	8,91	2368	5,16	8,66	8,15
1845	5,83	8,20	8,61	13°2348	8,45	9,98	6,83
22°2169	6,16	8,12	8,69	2350	7,28	9,22	7,59
2170	4,50	7,85	8,96	11°2333	5,52	9,20	7,61
20°2447	5,76	9,27	7,54	12°2307	5,31	9,57	7,24

TABLEAU II.

Le nombre supérieur représente m_4.
Le nombre inférieur représente m_5.

Date.	4,0 mm.	5,0 mm.	6,5 mm.	8,0 mm.	10,0 mm.	12,0 mm.	15,0 mm.
15 septembre	—4,96	—5,26	—	—	—6,08	—	
	—6,08	—6,43	—	—	—7,14		
16 »	—	—	—	—	—6,21		
	—	—	—	—	—7,35		
19 »	—	—	—	—	—6,63	—	—6,92
	—	—	—	—	—7,66		
27 »	—	—	—7,16	—	—7,70	—7,86	
	—	—	—8,07	—	—8,33	—8,44	
28 »	—	—	—7,42	—	—7,77	—7,92	—8,00
	—	—	—8,12	—	—8,37	—8,46	—8,50
30 »	—	—	—7,90	—	—8,29	—8,43	—8,49
	—	—	—8,53	—	—8,73	—8,75	—8,77
4 octobre	—	—	—	—	—8,71	—8,78	
	—	—	—	—	—9,09	9,10	
5 »	—	—		—8,62	—8,83	—8,84	
				9,00	—9,08	—9,07	
6 »	—	—	—	—	—8,75	—8,88	—9,03
	—	—	—	—	—9,03	—9,06	—9,05

Néanmoins ce procédé n'est pas absolument correct car les bandes passantes des deux filtres m_5 et V sont décalées de 300 Å environ :

$$\text{pour } m_5 : \quad \lambda_{\text{moyen}} = 5100 \text{ Å}.$$

Précision des mesures. — Nous avons évalué la grandeur de deux causes principales d'erreur :

1° erreur du zéro de l'échelle pour chaque série d'observation; nous avons calculé :

$$\text{pour } m_4 : \quad \varepsilon_m = \pm 0,015;$$

$$\text{pour } m_5 : \quad \varepsilon_m = \pm 0,010;$$

2° erreurs sur les mesures :

$$\text{pour } m_4 : \quad \varepsilon_m = \pm 0{,}042 ;$$
$$\text{pour } m_5 : \quad \varepsilon_m = \pm 0{,}022.$$

Courbes. — Dans les figures 1 et 2 nous avons porté m_4 et m_5 en fonction du diamètre sur la comète en unité astronomique (D), puis nous avons calculé les magnitudes m_4 et m_5 correspondant à un diamètre de $0{,}8 . 10^{-3}$ U. A. sur la comète. Ce diamètre correspond sensiblement à un diaphragme de 10 mm.

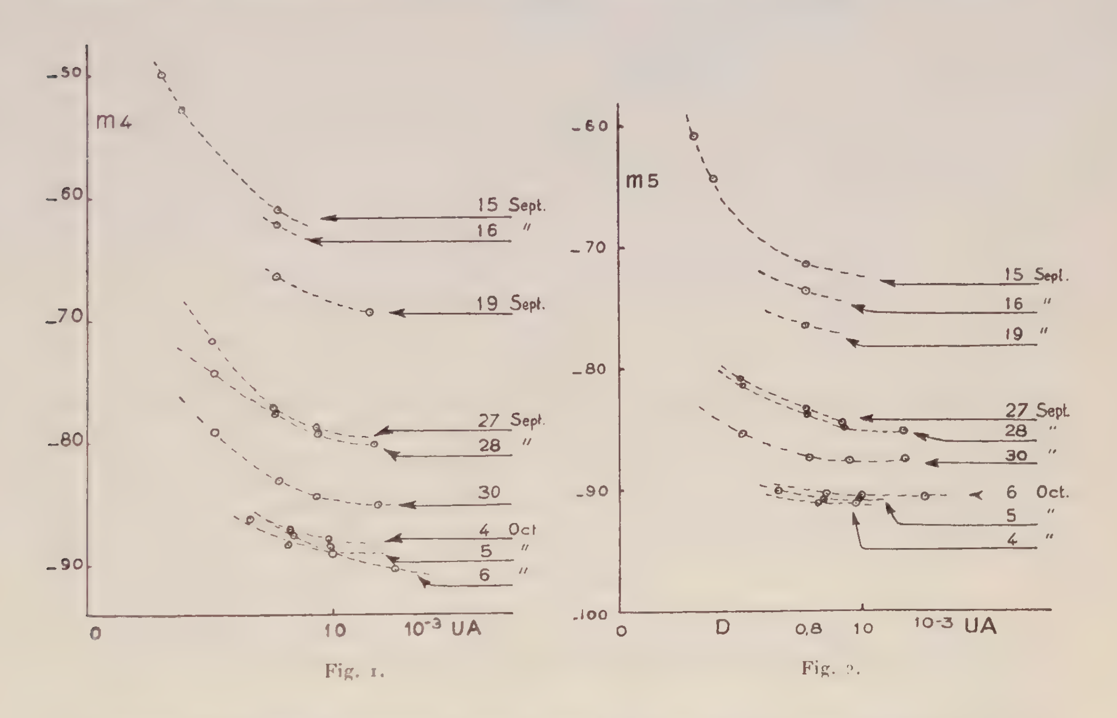


Fig. 1.

Fig. 2.

Ces magnitudes ont été ensuite ramenées à la distance Terre-comète de 1 U.A. en appliquant l'équation

$$M = m - 5 \log \Delta.$$

Dans la figure 3 nous avons porté M_4 et M_5 en fonction de la distance héliocentrique.

Ces courbes appellent certaines remarques.

Fig. 1 et 2 : l'allure asymptotique des courbes indique un diamètre de $1{,}5 . 10^{-3}$ U. A. pour le violet (bande de CN) et de $1{,}0 . 10^{-3}$ U. A. pour les bandes de Swan.

La variation de ces magnitudes en fonction de D a une allure un peu différente entre le 28 septembre et le 6 octobre.

Fig. 3 : entre le 28 septembre et le 6 octobre et en considérant l'allure générale de la variation des autres jours, les magnitudes paraissent subir un excès s'élevant à 25 ou 30 centièmes.

L'allure générale des six autres points permet de voir que le coefficient n de la distance héliocentrique ($2,5n \log r$) n'est pas constant mais qu'il diminue

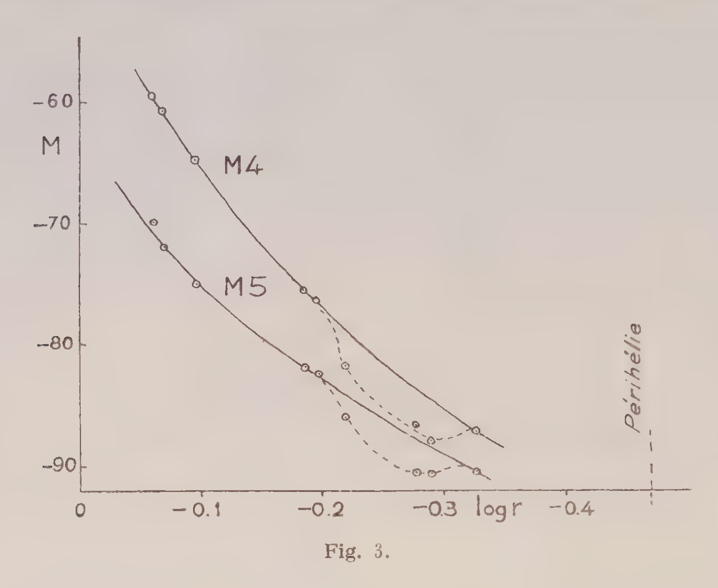


Fig. 3.

régulièrement avec r. On peut voir aussi qu'il est plus faible pour m_5 que pour m_4.

(1) *Ap. J.*, **117**, p. 313.

ASTRONOMIE. — *Étude spectrale de 401 étoiles situées dans la constellation du Cygne*. Note de Mlle **Madeleine Barbier**, transmise par M. André Danjon.

Comparaison de la classification spectrale utilisée en Haute-Provence et à Marseille avec celles de Morgan et Keenan et d'autres auteurs.

Nous avons déterminé les types spectraux de 401 étoiles de deux champs de 24° carrés chacun, centrés l'un sur *P Cygni*, l'autre sur 28 *Cygni*. Les clichés ont été pris à l'Observatoire de Hauts-Provence à l'aide du prisme objectif à champ normal de 15 cm de diamètre (P. P. O.) (1) sur des plaques II*a*O chauffées 48 h. Il est possible d'étudier les étoiles jusqu'à la magnitude 10,0 sur des clichés posés 4 h. Les spectres ont une hauteur de 0,6 mm sur la plaque et une dispersion de 77 Å/mm entre Hδ et Hγ. Pour chaque champ nous avons utilisé deux clichés, l'un de 4 h, l'autre de 80 m afin de pouvoir mesurer sur le deuxième les étoiles surexposées du premier.

La classification spectrale adoptée est celle de W. W. Keenan et P. C. Morgan (2); les spectres sont comparés par projection aux reproductions photographiques des spectres d'étoiles standards publiées par H. L. Johnson et

W. W. Morgan (³). Les critères fournis par ces derniers ont été réétudiés pour notre prisme objectif et s'avèrent parfaitement utilisables.

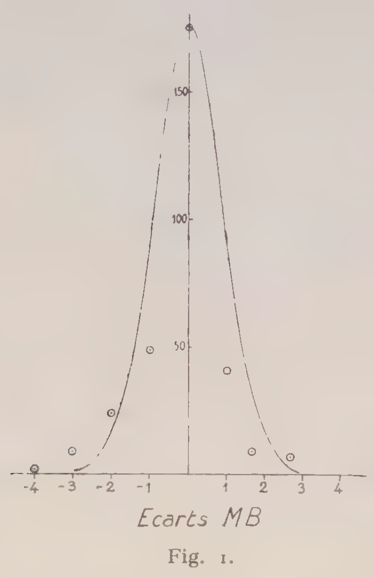


Fig. 1.

Chaque plaque a été examinée par deux observateurs; l'écart quadratique moyen calculé d'après la formule $e = \sqrt{\varepsilon^2/n}$ est de $e = 1,5$. Nous avons représenté dans la figure 1 la répartition de nos écarts. Pour les classes de luminosité, sur 401 étoiles les écarts se répartissent ainsi :

$\Delta L = 0$: N = 262, $\Delta L = \pm 2$: N = 40,
$\Delta L = \pm 1$: N = 99, $\Delta L = \pm 3, \pm 4$: N = 0.

Nous avons comparé nos résultats avec ceux obtenus à Harvard (*fig.* 2). D'autre part, Schalén, P. R. Annear, J. J. Nassau et D. A. MacRae, W. W. Morgan ont classé, dans leurs travaux certaines étoiles qui se trouvent dans nos champs. Nous avons établi la relation entre les classifications utilisées par ces auteurs et la nôtre. Afin d'obtenir une représentation plus claire de l'interdépendance des classifications, nous avons établi, pour chacune, les courbes de régression. Nous donnons dans le tableau les corrections à ajouter à nos mesures pour obtenir les classifications de Harvard, de Schalén, d'Annear, de Nassau et MacRae et de Morgan.

Nos résultats sont très voisins de ceux des auteurs précités mais présentent cependant quelques différences. En effet, nous avons utilisé une dispersion supérieure et nous nous sommes efforcés d'utiliser toutes les sous-classes; de plus nous n'employons pas les mêmes critères de classification. Les nôtres sont ceux plus récents de Morgan, ce qui explique la très bonne concordance de nos résultats avec les siens. Dans la figure 3, nous avons porté en ordonnées la

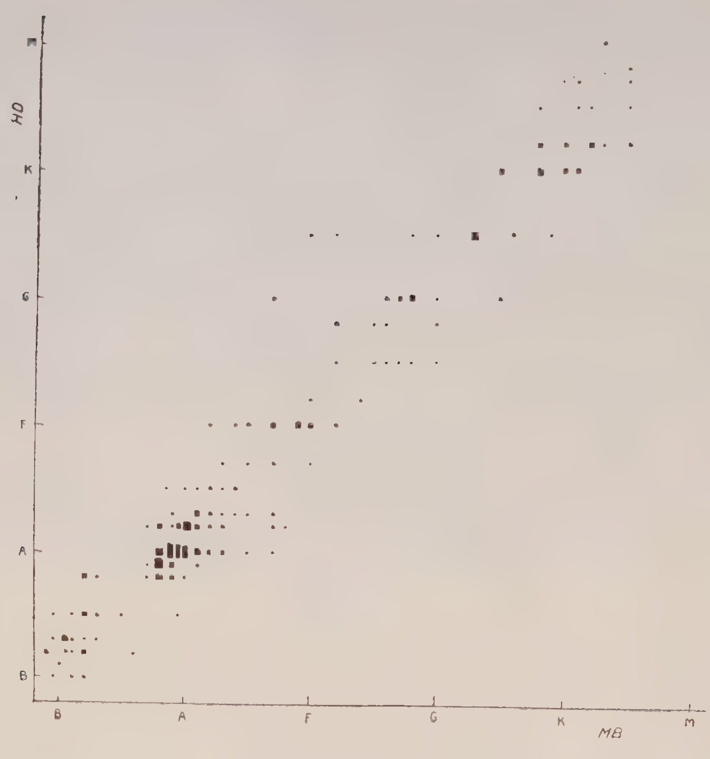


Fig. 2.

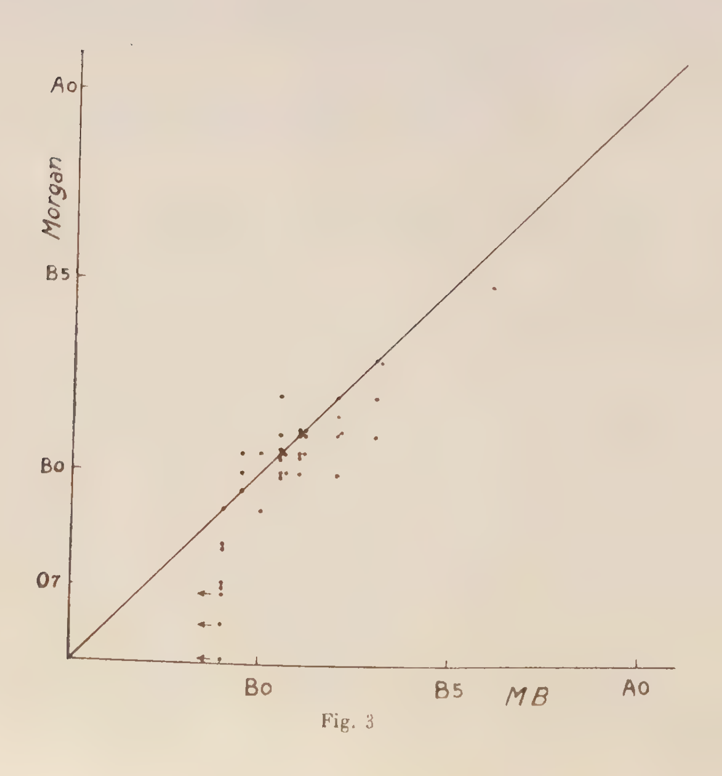


Fig. 3

classification de Morgan et en abscisses notre classification. Sur 41 étoiles OB classées en commun, l'écart probable est de 0,05 classe spectrale. Nous n'avons pratiquement aucune correction à ajouter pour passer d'une classification à l'autre. La classification des étoiles de O 5 à O 8 est faite provisoirement par nous sous l'indication < O 9. Ceci permet donc de considérer comme très satisfaisante notre adaptation au prisme objectif à champ normal, de la classification de Keenan et Morgan.

MB.	HD-MB.	Annear Nassau — MB.	Schalén MB—.	Morgan MB—.
O 9	–	–	–	—0,2
B 0	+1,7	–	–	—0,2
B 1	–	–	–	—0,3
B 2	+1,3	+1,0	–	—0,4
B 3	–	–	–	—0,4
B 4	+1,0	+0,7	–	
B 6	+0,8	+0,2	–	
B 8	+1,0	—0,3		
A 0	+0,7	—0,2	–	–
A 2	+0,5	—0,7	—0,3	–
A 4	+0,7	—1,3	—0,4	
A 6	+0,6	—2,0	—0,2	–
A 8	+0,8	—2,0	+2,0	–
F 0	+0,9	—1,3	+3,1	
F 2	+1,0	—0,6	+3,0	–
F 4	+1,1	0,0	+4,0	–
F 6	+2,1	+0,7	+3,0	
F 8	+2,0	+1,8	+2,6	–
G 0	+1,6	+1,5	+1,1	–
G 2	+1,3	+0,9	+2,2	
G 4	+1,2	+0,5	+2,5	
G 6	+1,0	0,0	+2,5	
G 8	+1,0	0,0	+1,9	
K 0	+0,6	0,0	+1,5	–
K 2	+0,5	—0,6	+1,4	-
K 4	–	—0,4	+1,1	-

(1) CH. FEHRENBACH, *Publ. Obs. de Haute-Provence*, série A, n° 14.

(2) W. W. MORGAN, P. C. KEENAN et E. KELLMAN, *An Atlas of stellar spectra. Chicago*, University of Chicago Press, 1942.

(3) W. W. MORGAN et H. L. JOHNSON, *Ap. J.*, 117, p. 313.

(4) CH. FEHRENBACH, *Handbuch der Physik*, vol. 50, p. 1, Springer Verlag, Heidelberg 1958)

(5) C. SCHALÉN, *Meddelanden fran Astronomiska Observatorium*, Upsala, n°s 37 et 55.

(6) P. R. ANNEAR, *Ap. J.*, 118, p. 77.

(7) J. J. NASSAU et D. A. MACRAE, *Ap. J.*, 110, p. 40, 478.

ASTRONOMIE. — *Variations de la scintillation, de l'agitation et de l'étalement de l'image d'une étoile en fonction du diamètre de l'objectif utilisé.* Note de **M. Jean Rösch**, présentée par M. André Danjon.

L'enregistrement d'un *diagramme d'occultation* de l'image d'une étoile par le bord d'un écran selon la méthode indiquée précédemment [1] permet de décrire le mode moyen de détérioration des images pendant un court intervalle de temps par les variations de trois paramètres (scintillation, agitation, étalement) en fonction du diamètre de l'objectif utilisé. Il importe donc, aussi bien pour connaître les propriétés générales de ces paramètres et les relations qui les lient à l'état de l'atmosphère que pour les utiliser éventuellement à la détermination de cet état à un instant donné, de confronter les résultats de l'observation et la forme de ces variations prévue par le calcul.

Il est possible, en adoptant un schéma simple de couche turbulente, de pousser assez loin la théorie sans difficulté mathématique notable. En particulier, si l'on admet que les inhomogénéités sont localisées entre deux plans horizontaux d'altitudes H et $H+h$ et qu'en un point de coordonnées rectangulaires x, y, h (le plan d'altitude H étant le plan $h=0$) la densité vaut $\rho=\rho_0[1+\xi(x/X)\eta(y/Y)\zeta(h/E)]$ où X, Y, E, sont des longueurs constantes, ξ et η des fonctions variant entre -1 et $+1$, et ζ une fonction nulle pour $h=0$ et $h=E$ et dont le maximum fixe l'importance de la perturbation (la couche turbulente est alors cloisonnée en cellules parallélépipédiques sur les faces desquelles la densité est égale à la densité moyenne ρ_0) on parvient à des expressions de la scintillation et de l'étalement en fonction du diamètre de l'objectif utilisé qui font intervenir la valeur moyenne de ζ entre 0 et E et les dérivées successives de ξ et η.

On peut obtenir des expressions utilisables pour la comparaison avec l'expérience en supposant que ξ et η sont des fonctions sinusoïdales, expressions qui se simplifient encore si l'on suppose que les périodes de ξ et η sont égales, ce qui permet de définir une *longueur d'onde*, Λ, des fluctuations de densité.

Les calculs complets seront publiés dans un autre recueil, et nous ne retiendrons ici que le dernier cas cité. On trouve alors les résultats suivants :

a. Scintillation. — La scintillation, définie par le rapport de l'énergie maximum reçue à l'énergie minimum, est maximum pour les très petites ouvertures, et tend vers l'unité pour les très grandes. Ce maximum vaut

$$K_0=(1+m)(1-m)^{-1}(1+m\cos^2 z)(1-m\cos^2 z)^{-1} \qquad \text{avec} \quad m=\frac{4\pi^2 H\Delta}{\Lambda^2\cos^4 z}$$

z étant la distance zénithale d'observation, H l'altitude de la couche turbulente, Δ l'amplitude de la différence de marche (qui varie donc entre $-\Delta$ et $+\Delta$). Au voisinage de ce maximum, la courbe donnant K en fonction du

diamètre d de l'objectif est assimilable à une parabole qui recoupe l'axe $K = 0$ en un point d'abscisse d_S donnée par la relation :

$$2m[(1+3m^2)(1-m^2)^{-3} + \cos^4 z(1+3m^2\cos^4 z)(1-m^2\cos^4 z)^{-3}]\,\mu.d_S^2 = 1$$

$$\text{avec} \quad \mu = \frac{2\pi^2}{3\Lambda^2\cos^2 z}.$$

On peut donc évaluer Λ et le produit $H\Delta$ à partir de la seule étude de la scintillation.

b. Agitation. — Elle a un maximum pour les très petites ouvertures et devient nulle pour les très grandes. L'ordonnée du maximum est $\varepsilon_0 = 2\pi\Delta/\Lambda\cos^{3/2}z$ et la courbe est assimilable, pour d petit, à une parabole recoupant l'axe $\varepsilon = 0$ au point d'abscisse d_Λ donnée par $\pi^2 d_\Lambda^2(1+\cos^2 z) = 3\Lambda^2\cos^2 z$.

On trouve donc Λ et Δ par l'agitation seule. On comparera les deux valeurs de Λ obtenues et l'on tirera H du rapport m/ε_0.

c. Étalement. — Le problème est tout différent, et relève de l'optique ondulatoire. Seule intervient la forme de la surface d'onde sur l'objectif. Au moins tant que la différence de marche δ par rapport à un plan moyen n'est, sur toute l'étendue de l'objectif, qu'une fraction de longueur d'onde, et tant que cet objectif n'est pas trop grand, on trouve qu'en peut prendre comme valeur du rapport du diamètre théorique au diamètre réel de l'image : $\rho_0/\rho = \sin[\pi(\delta)/\lambda)]/[\pi(\delta/\lambda)]$

Si le diamètre de l'objectif est petit par rapport à la distance $\Lambda/2$ entre creux et crêtes de la surface d'onde, on a approximativement $\delta = (3\pi/2)\,\Delta\,(d/\Lambda)^2$ d'où l'expression :

$$\frac{\rho_0}{\rho} = \frac{\sin\dfrac{3\pi_2}{2\lambda}\Delta\left(\dfrac{d}{\Lambda}\right)^2}{\dfrac{3\pi^2}{2\lambda}\Delta\left(\dfrac{d}{\Lambda}\right)^2}$$

Le rapport ρ_0/ρ vaut donc 1 pour d petit, et diminue très lentement, au début, du fait que d/Λ intervient au second degré. La courbe en $\sin x^2/x^2$ qui est confondue avec la courbe expérimentale pour les petits diamètres coupe l'axe $\rho_0/\rho = 0$ au point d'abscisse d_E telle que le sinus du numérateur soit nul, c'est-à-dire que $(3\pi/2\lambda)\,\Delta\,(d_E/\Lambda)^2 = 1$, d'où $d_E/\Lambda = 0{,}46\sqrt{\lambda/\Delta}$.

Ainsi, dans la mesure où l'étalement est provoqué par la même couche inhomogène, on trouve ici une détermination de Δ/Λ^2 à comparer avec l'évolution faite d'après la scintillation et l'agitation.

Pour les grands diamètres, les expressions ci-dessus donnent une valeur limite non nulle en général pour ρ_0/ρ, alors que l'observation fait apparaître une valeur limite de ρ pendant que ρ_0 tend vers zéro. Une détermination expérimentale de la forme de la surface d'onde sur une très grande étendue serait nécessaire pour lever cette ambiguïté.

(1) *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 3027.

RELATIVITÉ. — *Trajectoires de Schwarzschild et trajectoires de Newton.* Note (*) de M. **Michel Cahen**, présentée par M. Joseph Pérès.

Nous démontrons qu'il n'existe aucun espace d'Einstein qui puisse être mis en correspondance géodésique avec l'espace à connexion affine sans torsion correspondant au problème de Képler. Nous généralisons ce résultat.

1. L'étude de la classification des trajectoires d'un point matériel dans l'espace de Schwarzschild nous a conduit à étudier le lien existant entre ces trajectoires et celles fournies par la mécanique classique de Newton dans le problème de Képler. Pour préciser une correspondance possible entre ces deux types de courbes nous considérons les trajectoires de Képler comme courbes autoparallèles d'une connexion affine sans torsion ([1]).

Les deux variétés (espace de Schwarzschild et espace à connexion de Képler) que nous noterons respectivement S_4 et K_4 sont rapportées au même système de coordonnées polaires r, θ, φ, x_0.

Peut-on établir une correspondance géodésique entre S_4 et K_4 ?

2. Nous répondons à cette question en cherchant à caractériser tous les espaces de Riemann qui peuvent être mis en correspondance géodésique avec K_4. Pour que deux espaces à connexion soient géodésiquement applicables ils doivent posséder le même tenseur de Weyl W^h_{klm} dont l'expression en fonction du tenseur de courbure est

$$W^l_{ijk} = R^l_{ijk} + \delta^l_i \frac{R_{jk} - R_{kj}}{5} + \frac{\delta^l_j(4R_{ik} + R_{ki}) - \delta^l_k(4R_{ij} + R_{ji})}{15}. \tag{1}$$

Dans le cas où l'un des espaces considérés est un espace de Riemann le tenseur de Weyl correspondant est plus simple :

$$W^l_{ijk} = R^l_{ijk} - \frac{1}{3}(\delta^l_k R_{ij} - \delta^l_j R_{ik}). \tag{2}$$

Nous choisissons dans K_4 une famille de repères dans lesquels les composantes ω^α du déplacement sont

$$\omega^0 = dt, \qquad \omega^1 = dr, \qquad \omega^2 = r\,d\theta, \qquad \omega^3 = r\sin\theta\,d\varphi. \tag{3}$$

Les équations de structure de K_4 ont dans ces repères la forme

$$\left|\begin{aligned} d\vec{e}_0 &= -\frac{k}{mr^2}\omega^0\vec{e}_1, \\ d\vec{e}_1 &= \frac{1}{r}\omega^3\vec{e}_3 + \frac{1}{r}\omega^2\vec{e}_2, \\ d\vec{e}_2 &= \frac{\cos\theta}{r\sin\theta}\omega^3\vec{e}_3 - \frac{1}{r}\omega^2\vec{e}_1, \\ d\vec{e}_3 &= -\frac{1}{r}\omega^3\vec{e}_1 - \frac{\cos\theta}{r\sin\theta}\omega^3\vec{e}_2, \end{aligned}\right. \tag{4}$$

si m désigne la masse du corps potentiant dans le problème de Képler étudié et $k = fmm'$ où f est la constante de gravitation et m' la masse du corps potentié.

La torsion de cette connexion est nulle. Le tenseur de courbure n'a que trois composantes différentes de zéro :

$$(5)\qquad \begin{cases} R^1_{010} = -\dfrac{2k}{mr^3}, \\ R^2_{002} = R^3_{003} = -\dfrac{k}{mr^3}, \end{cases}$$

Le tenseur de Weyl possède les mêmes trois composantes non nulles :

$$(6)\qquad W^1_{010} = -\frac{2k}{mr^3}, \qquad W^2_{002} = -\frac{k}{mr^3}, \qquad W^3_{003} = -\frac{k}{mr^3}.$$

Pour qu'un espace de Riemann soit géodésiquement applicable sur K_4 il faut que son tenseur de Weyl $\overline{W}^l_{ijk}$ soit de la forme (6). Si nous supposons de plus que l'espace de Riemann envisagé est un espace d'Einstein on a

$$(7)\qquad \overline{R}^1_{010} = -\frac{2k}{mr^3}, \qquad \overline{R}^2_{002} = -\frac{k}{mr^3}, \qquad \overline{R}^3_{003} = -\frac{k}{mr^3}.$$

les autres composantes du tenseur de courbure étant nulles. Notons ce tenseur sous la forme d'une matrice à six lignes et six colonnes

$$(8)\qquad \left(\begin{array}{cccccc} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 0 & & & \\ 0 & 0 & 0 & & \gamma & \\ 0 & 0 & 0 & & & \end{array}\right).$$

où γ est une matrice diagonale à trois lignes et trois colonnes, de trace nulle.

Si l'on se réfère à la décomposition en composantes irréductibles du tenseur de Riemann-Christoffel d'un espace de Riemann à quatre dimensions telle qu'elle a été donnée par M. Debever [2], on constate qu'il est impossible que la matrice de courbure (8) soit celle d'un espace d'Einstein. On en déduit le théorème : *Si un espace de Riemann est en correspondance géodésique avec* K_4 *cet espace n'est pas un espace d'Enstein. Il ne peut donc avoir le même tenseur de courbure que* K_4.

Ceci démontre en particulier qu'une correspondance géodésique $S_4 \longleftrightarrow K_4$ est impossible.

3. On peut se demander s'il n'est pas possible de modifier la théorie de Képler (par l'introduction de forces plus compliquées newtoniennes ou non newtoniennes) de manière à obtenir l'applicabilité cherchée. Un calcul analogue au précédent montre que quelle que soit la fonction de point choisie

comme force, la connexion affine K'_4 n'est jamais applicable sur l'espace S_4. Plus précisément on ne peut construire d'espace d'Einstein en correspondance géodésique avec K'_4.

4. Nous avons recherché des espaces de Riemann du type « optique » géodésiquement applicables sur K_4. Leur métrique est de la forme

$$d\sigma^2 = -dr^2 - r^2\,d\theta^2 - r^2\sin^2\theta\,d\varphi^2 + n^2\,dx_0^2.$$

Un calcul simple montre qu'aucun espace de cette forme n'est applicable sur K_4.

(*) Séance du 13 janvier 1958.

([1]) CARTAN, *Ann. Éc. Norm. Sup.*, 41, 1924.

([2]) DEBEVER, *Bull. Cl. Sc. Acad. R. Belgique*, 22, 1956.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Une nouvelle manière d'établir l'expression mathématique du principe de Huygens en théorie de l'électron de Dirac.* Note (*) de M. PHAN-VAN-LOC, transmise par M. Gaston Dupouy.

Pour établir une expression mathématique correcte du principe de Huygens en théorie de l'électron de Dirac, M. Émile Durand et ses collaborateurs se sont servis d'une identité très générale faisant intervenir l'opérateur du second ordre de l'équation d'onde, qu'ils décomposent en un produit de deux opérateurs du premier ordre ([1]). Une solution du même problème a été donnée par Rubinowicz ([2]), qui utilise comme point de départ l'équation de continuité :

$$\frac{\partial\rho}{\partial t} + \operatorname{div}\vec{j} = 0, \tag{1}$$

où ρ est la densité moyenne de l'électricité $\rho = -e\sum_{k=1}^{k=4}|\psi_k|^2$ et $\vec{j}$, le vecteur densité de courant $\vec{j} = ec\sum_{k=1}^{k=4}\psi_k^*\vec{\alpha}\,\psi_k$, $\vec{\alpha}$ désignant la matrice-vecteur dont les trois composantes sont α_1, α_2, α_3. On adopte généralement l'abréviation qui consiste à écrire $\psi_k^* A\psi_k$ au lieu de $\sum_{k=1}^{k=4}\psi_k^* A\psi_k$, ce qui revient à écrire le vecteur densité de courant :

$$\vec{j} = ec\,\psi_k^*\,\vec{\alpha}\,\psi_k. \tag{2}$$

Si l'on procède comme l'a fait Rubinowicz, mais en se servant systématiquement des matrices de Dirac tout au long du calcul on peut aboutir au résultat de façon assez simple, sans faire appel à aucune identité établie au préalable.

En l'absence des champs, les équations de Dirac et leurs conjuguées

s'écrivent

$$(3)\qquad \begin{cases} (\alpha_u \partial^u + ik_0 \alpha_4 - q\alpha_0)\psi_k = 0, \\ \psi_k^*(\alpha_u \overleftarrow{\partial}^u - ik_0 \alpha_4 - q\alpha_0) = 0; \end{cases}$$

$$q = \frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}; \qquad k_0 = \frac{2\pi m_0 c}{h}; \qquad u = 1, 2, 3$$

avec les conditions suivantes :

$$\alpha_u \psi_k = \sum_j (\alpha_u)_{kj} \psi_j; \qquad \psi_k^* \alpha_u = \sum_j \psi_j^* (\alpha_u)_{jk},$$

l'opérateur ∂^u agit sur les fonctions placées à sa droite, tandis que l'opérateur $\overleftarrow{\partial}^u$ agit sur les fonctions placées à sa gauche. Les fonctions d'ondes et leurs conjuguées dérivent des potentiels Φ_k et Φ_k^* suivant les équations

$$(4)\qquad \begin{cases} \psi_k = (\alpha_u \partial^u + ik_0 \alpha_4 + q\alpha_0)\Phi_k, \\ \psi_k^* = \Phi_k^*(\alpha_u \overleftarrow{\partial}^u - ik_0 \alpha_4 + q\alpha_0). \end{cases}$$

Si la densité moyenne de l'électricité ρ est constante par rapport au temps, au lieu de (1), on aura simplement $\operatorname{div} \vec{j} = 0$, de sorte que, en intégrant (1) dans tout le volume V limité par la surface S, $\vec{j}$ ayant l'expression (2), à la constante *ec* près, on a

$$(5)\qquad \int_V \operatorname{div}(\psi_k^* \vec{\alpha}\, \psi_k)\, dv = \int_S \psi_k^* \alpha_u n^u \psi_k \, ds = 0.$$

Remplaçons ψ_k^* par le potentiel Φ_k^* dont elle dérive suivant (4); il y aura multiplication des opérateurs qu'on fera en tenant compte des relations

$$(6)\qquad \begin{cases} (\alpha_u \partial^u)(\alpha_u n^u) = n_u \partial^u - (n^v \partial^w - n^w \partial^v)\alpha_v \alpha_w, \\ (\alpha_u n^u)(\alpha_u \partial^u) = n_u \partial^u + (n_v \partial^w - n^w \partial^v)\alpha_v \alpha_w, \\ (ik_0 \alpha_4 + q\alpha_0)(\alpha_u n^u)\psi_k = (\alpha_u n^u)\alpha_u \partial^u)\psi_k. \end{cases}$$

Voici ce que devient l'intégrale (5) :

$$(7)\qquad \int_S \Big\{ \big[\Phi_k^*(n_u \overleftarrow{\partial}^u)\psi_k - \Phi_k^*(n_u \partial^u)\psi_k \big] - \big[\Phi_k^*(n^v \overleftarrow{\partial}^w - n^w \overleftarrow{\partial}^v)\alpha_v \alpha_w \psi_k + \Phi_k^*(n^v \partial^w - n^w \partial^v)\alpha_v \alpha_w \psi_k \big] \Big\} ds = 0.$$

Lorsque les potentiels Φ_k se réduisent à une seule fonction Φ multipliée par quatre constantes complexes a_k, le deuxième crochet sous l'intégrale s'écrit plus simplement :

$$a_k(n^v \partial^w - n^w \partial^v)\alpha_v \alpha_w (\Phi^* \psi_k).$$

L'intégrale (7) est valable pour un point extérieur à la surface S.

Soient maintenant des potentiels d'ondes convergentes en un point P, de la forme

$$(8) \qquad \Phi_k = a_k \frac{e^{iKr}}{r} e^{-ikct}; \qquad K^2 = k^2 - k_0^2.$$

Si P est intérieur à la surface S, l'intégrale (7) n'est plus valable, la fonction (8) et ses dérivées deviennent infinies en ce point. Entourons P d'une petite sphère s, de rayon r très petit, ayant ce point pour centre. Sur cette sphère s, l'élément de surface $ds = r^2 d\omega$, $d\omega$ est l'angle sous lequel on voit ds.

D'autre part, les dérivations de e^{-iKr}/r contiennent des termes en $1/r^2$ et en $1/r$. Lorsqu'on fait tendre r vers zéro, seuls les termes en $1/r^2$ donnent une contribution finie non nulle. Sur la sphère, on a par exemple :

$$\frac{\partial}{\partial n} = -\frac{\partial}{\partial r}; \qquad \frac{\partial}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial r}\frac{\partial r}{\partial x} = n_x \frac{\partial}{\partial r}.$$

On voit immédiatement que la partie contenant $(n^v \partial^w - n^w \partial^v)$ s'annule dans l'intégrale étendue à la sphère s.

Quand on fait $r \to 0$, ψ_k prend sa valeur au point P, et l'on a, en omettant les constantes a_k :

$$4\pi\psi_k(P) = \int_S \left\{ \psi_k \frac{\partial}{\partial n}\left(\frac{e^{-iKr}}{r}\right) - \frac{e^{-iKr}}{r} \frac{\partial}{\partial n}\psi_k \right\} ds + \int_S (n^v \partial^w - n^w \partial^v)\, \alpha_v \alpha_w \left(\frac{e^{-iKr}}{r}\psi_k\right) ds.$$

C'est bien la formule que nous avons établie ailleurs [1] par une autre méthode.

Quand on l'applique aux problèmes de diffraction par un écran percé d'un trou, la surface S n'est pas une surface fermée mais bordée d'un contour C. Dans ces conditions, les intégrales de surface se transforment en intégrales de contour, la première par la méthode Maggi-Rubinowicz :

$$\int_S \left\{ \frac{e^{-iKr}}{r} \frac{\partial}{\partial n}\left(\frac{e^{-iK\rho}}{\rho}\right) - \frac{e^{-K\rho}}{\rho} \frac{\partial}{\partial n}\left(\frac{e^{-iKr}}{r}\right) \right\} ds = -\int_C \frac{e^{-iK(r+\rho)}}{r\rho} \frac{[\vec{r} \times \vec{\rho}]}{r\rho + \vec{r}.\vec{\rho}} \vec{dl},$$

la seconde par l'identité classique :

$$\int_S [\vec{n} \times \overrightarrow{\mathrm{grad}}\, A]\, ds = \oint_C A\, \vec{dl}.$$

(*) Séance du 13 janvier 1958.

(1) E. DURAND, *Bull. Soc. Math. Fr.*, 82, 1954; fasc. IV, p. 405; *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 647; *voir* aussi PHAN-VAN-LOC, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 649; 238, 1954, p. 2494.

(2) A. RUBINOWICZ, *Acta Physica Polonica*, 12, 1934, p. 3.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *La théorie des systèmes de corpuscules dans l'interprétation causale de la Mécanique ondulatoire.* Note (*) de M. **João Andrade e Silva**, présentée par M. Louis de Broglie.

On généralise pour les systèmes non isolés de plus de deux particules une représentation dans l'espace physique qui avait été proposée dans ce cas particulier. On montre que, dans le schéma antérieur, il n'y a qu'un seul système d'équations satisfaisant.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons proposé une représentation dans l'espace physique des systèmes de deux particules, du point de vue de l'interprétation causale de la Mécanique ondulatoire par la théorie de la double solution.

Les équations présentées ont deux propriétés importantes : elles permettent de démontrer, d'abord que le mouvement des singularités est correctement décrit par l'équation de Schrödinger dans l'espace de configuration et, ensuite, qu'elles se réduisent, dans le cas d'absence d'interaction, à des équations de Schrödinger dans l'espace à trois dimensions. On voit, en outre, que la possibilité de remplir simultanément ces deux conditions suffit, dans ce schéma, pour déterminer les nouvelles équations de base ce qui, physiquement, est très satisfaisant.

En essayant de généraliser ce formalisme à des systèmes d'un nombre arbitraire de particules, nous nous heurtons au problème de savoir si ces conditions continuent à déterminer les équations de propagation dans l'espace physique : ceci signifie, de façon plus précise, qu'il faut examiner la forme des potentiels quantiques dans le cas général.

Pour procéder à cette analyse, nous nous bornerons au cas d'un système de trois particules, car la forme des potentiels quantiques se complique assez rapidement avec le nombre des particules du système, le passage au cas général ne présentant, alors, aucune difficulté. Nous utiliserons systématiquement les notations et les résultats de la Note précédente.

Le potentiel quantique de chaque particule Q_j étant, en général, composé d'un potentiel quantique d'interaction $Q_{jj'}$ et d'un potentiel quantique extérieur Q_{jj}, le potentiel quantique dans l'espace de configuration est donné par

$$(1) \qquad Q=\sum_{j}^{3}\left(Q_{jj}+\frac{Q_{jj'}}{2}\right)$$

si l'on prend en considération l'équation de définition de a et les changements de variables habituels ([2]).

Puisque nous connaissons le potentiel quantique dans l'espace de configuration, donné par l'équation de Schrödinger, nous pouvons inverser ce procédé

pour déterminer sa forme, exprimée dans les variables de l'espace physique. En effectuant les calculs, nous obtiendrons

$$(2)\quad \mathrm{Q}=\frac{h^2}{8\pi^2}\left[\frac{1}{m_1}\left(\frac{\nabla^2 a_1}{a_1}+\frac{\nabla_1^2 a_2}{a_2}+\frac{\nabla_1^2 a_3}{a_3}+\frac{2(\nabla a_1\nabla_1 a_2)}{a_1 a_2}+\frac{2(\nabla a_1\nabla_1 a_3)}{a_1 a_3}+\frac{2(\nabla_1 a_2\nabla_1 a_3)}{a_2 a_3}\right)\right.$$
$$+\frac{1}{m_2}\left(\frac{\nabla_2^2 a_1}{a_1}+\frac{\nabla^2 a_2}{a_2}+\frac{\nabla_2^2 a_3}{a_3}+\frac{2(\nabla_2 a_1\nabla a_2)}{a_1 a_2}+\frac{2(\nabla_2 a_1\nabla_2 a_3)}{a_1 a_3}+\frac{2(\nabla a_2\nabla_2 a_3)}{a_2 a_3}\right)$$
$$\left.+\frac{1}{m_3}\left(\frac{\nabla_3^2 a_1}{a_1}+\frac{\nabla_3^2 a_2}{a_2}+\frac{\nabla^2 a_3}{a_3}+\frac{2(\nabla_3 a_1\nabla_3 a_2)}{a_1 a_2}+\frac{2(\nabla_3 a_1\nabla a_3)}{a_1 a_3}+\frac{2(\nabla_3 a_2\nabla a_3)}{a_2 a_3}\right)\right],$$

expression du potentiel quantique du système en fonction des amplitudes dans l'espace physique.

Si nous annulons toutes les interactions classiques, (2) se réduira à

$$\mathrm{Q}=-\frac{h^2}{8\pi^2}\left[\frac{1}{m_1}\frac{\nabla^2 a_1}{a_1}+\frac{1}{m_2}\frac{\nabla^2 a_2}{a_2}+\frac{1}{m_3}\frac{\nabla^2 a_3}{a_3}\right],$$

ce qui permet de retrouver les équations de Schrödinger dans l'espace physique, comme il le fallait, en posant

$$(3)\qquad \mathrm{Q}_{jj}=-\frac{h^2}{8\pi^2 m_j}\frac{\nabla^2 a_j}{a_j}\qquad (j=1,\ 2,\ 3).$$

Pour décomposer le potentiel quantique d'interaction nous allons supprimer les interactions classiques $j\to l$ et $k\to l$, en regardant ce qui nous reste, d'accord avec un critère précédemment discuté ([1]), ([3]), comme le potentiel quantique d'interaction des particules j et k. En supposant, naturellement, $\mathrm{Q}_{jk}=\mathrm{Q}_{kj}$ nous obtenons

$$(4)\quad \begin{cases}\mathrm{Q}_{jk}=\mathrm{Q}_{kj}=-\dfrac{h^2}{8\pi^2}\left[\dfrac{1}{m_j}\left(\dfrac{\nabla_j^2 a_k}{a_k}+\dfrac{2(\nabla a_j\nabla_j a_k)}{a_j a_k}\right)+\dfrac{1}{m_k}\left(\dfrac{\nabla_k^2 a_j}{a_j}+\dfrac{2(\nabla_k a_j\nabla a_k)}{a_j a_k}\right)\right]\\ \qquad\qquad (j,\ k=1,\ 2,\ 3;\ j\neq k),\end{cases}$$

expression symétrique en j et k, laquelle coïncide formellement avec celle qui avait été obtenue dans le cas des deux particules.

Nous aurions pu nous attendre à avoir, comme pour les potentiels classiques,

$$\mathrm{Q}=\mathrm{Q}_{11}+\mathrm{Q}_{22}+\mathrm{Q}_{33}+\mathrm{Q}_{12}+\mathrm{Q}_{13}+\mathrm{Q}_{23}$$

mais, en examinant (2), (3) et (4) nous voyons qu'en réalité nous avons

$$(5)\qquad \mathrm{Q}=\mathrm{Q}_{11}+\mathrm{Q}_{22}+\mathrm{Q}_{33}+\mathrm{Q}_{12}+\mathrm{Q}_{13}+\mathrm{Q}_{23}+\mathrm{Q}_{1(23)}+\mathrm{Q}_{2(13)}+\mathrm{Q}_{3(12)},$$

avec

$$(6)\qquad \mathrm{Q}_{j(kl)}=-\frac{h^2}{4\pi^2 m_j}\frac{(\nabla_j a_k\nabla_j a_l)}{a_k a_l}\qquad (j,\ k,\ l=1,\ 2,\ 3;\ j\neq k\neq l;\ j\neq l).$$

Nous remarquons que les $\mathrm{Q}_{j(kl)}$ sont symétriques en l et k et s'annulent avec les interactions $j\to k$ et $j\to l$. Dans ces conditions, nous sommes amenés à supposer que le potentiel quantique de chaque particule est de la forme

$$(7)\qquad \mathrm{Q}_j=\mathrm{Q}_{jj}+\mathrm{Q}_{jk}+\mathrm{Q}_{jl}+\mathrm{L}_j.$$

Le problème supplémentaire rencontré pour les systèmes de plus de deux particules est justement la détermination des L_j. En admettant, d'une façon générale, que nous avons

$$L_j = a_j Q_{j(kl)} + b_j Q_{k(jl)} + c_j Q_{l(jk)} \tag{8}$$

nous ramenons ce problème à la détermination des neuf constantes $a_1, \ldots, c_3$.

Néanmoins il faut introduire dans ces équations des considérations de symétrie assez strictes. D'une part, chaque L_j doit être symétrique par rapport à l et k; d'autre part le rôle de l'indice j en L_j doit être indépendant de la valeur de cet indice. Les équations (8) deviennent, alors

$$L_j = A Q_{j(kl)} + B(Q_{k(jl)} + Q_{l(jk)}) \tag{9}$$

et nous n'avons plus que deux constantes arbitraires. Mais en tenant compte qu'il est nécessaire de retrouver (5) en partant de (7), les L_j ayant certainement une nature de potentiels d'interaction, nous devons établir un rapport entre elles. Plus explicitement, nous obtenons

$$L_j = 2(1 - B) Q_{j(kl)} + B(Q_{k(jl)} + Q_{l(jk)}) \tag{10}$$

et il ne nous reste alors qu'à déterminer la valeur de B. Nous allons prouver, en envisageant un cas particulier, qu'il n'y a qu'une seule valeur de cette constante qui soit acceptable.

Ainsi supposons qu'il n'ait pas d'interaction entre deux des trois particules, disons l et k; dans ces conditions, $Q_{l(jk)} = Q_{k(jl)} = 0$ et (10) se réduit à

$$L_j = 2(1 - B) Q_{j(kl)}; \qquad L_k = L_l = B Q_{j(kl)}.$$

Mais, dans ce cas particulier, le principe de conservation de l'énergie exige que le potentiel quantique d'interaction de la particule j soit égal à la somme des potentiels quantiques d'interaction des particules l et k. Étant donné que nous avons toujours $Q_{jk} = Q_{kj}$, cette condition entraîne, d'après (7), $L_j = L_k + L_l$ et la valeur de B est alors déterminée : $B = 1/2$. Ceci nous amène, enfin, à écrire

$$L_j = Q_{j(kl)} + \frac{1}{2}(Q_{k(jl)} + Q_{l(jk)}).$$

En introduisant (3), (4) et (11) en (7) nous obtenons le potentiel quantique de chaque particule dans l'espace physique; il est parfaitement déterminé comme nous voulions le prouver. Et, selon une précédente remarque, cette analyse reste suffisante quel que soit le nombre de particules du système considéré.

(*) Séance du 16 décembre 1957.

(1) J. Andrade e Silva, *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 2018.

(2) L. de Broglie et J. Andrade e Silva, *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 529.

(3) J. Andrade e Silva, *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 1893.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *États excités stables des masses fluides relativistes en rotation.* Note de MM. **Pierre Hillion** et **Jean-Pierre Vigier**, présentée par M. Louis de Broglie.

Une étude récente ([1]) sur l'hydrodynamique relativiste des masses fluides en rotation montre qu'il faut décrire leur mouvement global à l'aide de deux points remarquables : le centre de masse et le centre de matière. Cette représentation conduit tout naturellement à l'introduction de niveaux excités internes périodiques stables qui fournissent une image concrète possible du spectre des particules élémentaires.

1. Pour développer au cours de la dernière période l'interprétation causale de la théorie des quanta, une représentation hydrodynamique concrète des équations d'ondes a été proposée qui les conçoit comme décrivant des fluides dotés d'une densité de moment cinétique interne (spin). Plus concrètement on est amené à se les représenter comme un ensemble de gouttelettes fluides étendues en rotation liées par des interactions d'un type particulier ([2]). On voit alors que le fluide à spin le plus simple, composé d'éléments sans interaction, correspond au fluide introduit par Weyssenhoff ([3]).

Un tel modèle n'est possible que si l'on abandonne l'idée que les éléments matériels qui constituent ces fluides sont des points sans dimensions. On les conçoit comme des gouttelettes fluides se propageant à l'intérieur d'hypertubes du genre temps avec des sections de dimensions submicroscopiques donc négligeables à notre échelle.

Plus généralement on peut concevoir le vide comme rempli d'une distribution chaotique de tels éléments sur lesquels se propagent des excitations organisées qui constituent les ondes réelles u de la nouvelle interprétation ([4]). Cette description possible de l'état subquantique de la matière a amené Bohm et l'un d'entre nous à supposer que les différentes équations d'ondes correspondant aux particules élémentaires portent sur des éléments qui se trouvent dans des états excités distincts des gouttelettes fondamentales identiques qui pourraient constituer le niveau subquantique de la matière. Une telle conception si elle se vérifie permettrait évidemment de comprendre pourquoi les particules élémentaires données existent, interagissent et se transforment les unes dans les autres.

2. Le problème consiste donc à étudier les états excités internes des masses fluides relativistes étendues isolées. Il se traite sans difficulté à partir du travail mentionné précédemment ([1]).

Partons en effet d'une distribution d'énergie impulsion $T_{\mu\nu}$ symétrique nulle à l'extérieur de l'hypertube qui la limite et de la densité de courant interne j_μ. Compte tenu des relations $\partial^\nu T_{\mu\nu} = 0$ et $\partial^\mu j_\mu = 0$ (avec $\partial^\nu = \partial/\partial x^\nu$) on définit immédiatement ([1]) le vecteur impulsion énergie global de la masse fluide par

la relation

(1) $$G_\mu = \int T_{\mu 0}\, dv,$$

où $\mu = 0, 1, 2, 3$ et dv désigne l'élément de volume d'une section droite du genre espace. Ce vecteur permet de définir le système d'axes remarquable Π_0 dans lequel $G_i = 0$ $(i = 1, 2, 3)$. Dans ce système on introduit alors deux points essentiels :

— le centre de masse X fourni par

(2) $$G_0 X_i = \int T_{00}\, x_i\, dv;$$

— le centre de matière Y fourni par

(3) $$\left\{ \int j_0\, dv \right\} Y_i = \int j_0\, x_i\, dv$$

dont le second correspond au centre géométrique de la gouttelette. Ces deux points tournent l'un autour de l'autre avec un mouvement qui généralise la théorie de Weyssenhoff ([1]). Désignant alors par u_μ (colinéaire à G_μ) et v_μ les deux quadrivecteurs vitesses unitaires des points X et Y, par τ le temps propre pris sur la ligne d'Univers suivie par Y et par

(4) $$m_{\mu\nu} = \int \left\{ (x_\mu - Y_\mu) T_{\nu 0} - (x_\nu - Y_\nu) T_{\mu 0} \right\} dv,$$

le moment cinétique interne par rapport à Y on trouve deux des trois relations de Weyssenhoff soit $dG_\mu / d\tau = 0$ et $d m_{\mu\nu} / d\tau = G_\mu v_\nu - G_\nu v_\mu$. Posant alors $T_\mu = m_{\mu\nu} v^\nu$ et $s_\mu = \tilde{m}_{\mu\nu} v^\nu$ (où $\tilde{m}_{\mu\nu}$ correspond au tenseur dual relativiste de $m_{\mu\nu}$), on voit que si $T_\mu = 0$, on a affaire au cas de Weyssenhoff, sinon on a des états excités où le centre de matière et le centre de masse ne sont pas confondus. Si l'on désigne par t_μ le vecteur $X_\mu - Y_\mu$ on établit par des considérations physiques simples ([1]) qu'en raison de la rotation interne, concrétisée par le pseudovecteur de moment cinétique interne (spin) s_μ, il est nécessaire que $\vec{t}$ tourne autour de $\vec{s}$ en général, car la distribution interne tend à devenir symétrique par rapport à l'axe instantané de rotation puisqu'on a affaire à une masse fluide. Un état excité stable sera alors manifestement caractérisé par le fait que la distribution interne reprend périodiquement les mêmes valeurs donc que $\vec{t}$ revient sur lui-même après rotation autour de $\vec{s}$. Plus généralement si l'on attache deux systèmes d'axes Σ' et Σ ayant $\vec{s}$ et $\vec{t}$ comme axes des z. Σ doit revenir sur lui-même après avoir tourné autour de Σ' si on leur attribue Y comme origine commune. Un tel mouvement s'effectue manifestement dans l'espace-temps. Pour faciliter la compréhension nous allons l'étudier d'abord dans trois dimensions seulement en nous plaçant dans le système d'axes au repos Σ_0 (où $v_i = t_0 = s_0 = 0$).

3. Le calcul du moment cinétique pris par rapport à l'origine O de Σ_0, confondue avec Y, s'effectue en supposant que la masse est subdivisée en deux parties : l'une au point M sur $\overrightarrow{Os}$, soit m_1, l'autre m_2 sur $\overrightarrow{Ot}$ au point N tel que $\overrightarrow{MN}$ soit perpendiculaire à $\overrightarrow{OS}$;

On associe à Os un trièdre OX′, OY′, OZ′ = Os. On aura de même un trièdre OX, OY, OZ = Ot. OX′Y′s sera repéré dans OXYt par les angles d'Euler θ, φ, ψ tels que si :

OU est la ligne nodale (intersection XOY, X′OY′)

OV la perpendiculaire à OU dans XOY et

OV′ la perpendiculaire à OU dans XOY. On aura

$$(\overrightarrow{Ot}, \overrightarrow{Os}) = \theta; \qquad (\overrightarrow{OX}, \overrightarrow{OV}) = \varphi; \qquad (\overrightarrow{OX'}, \overrightarrow{OV'}) = \psi.$$

Le moment cinétique de M par rapport à O étant

$$P_\varphi = (\overrightarrow{OM} \wedge \vec{V}_\varphi) m_1; \qquad P_\theta = (\overrightarrow{OM} \wedge \vec{V}_\theta) m_1; \qquad P_\psi = (\overrightarrow{OM}, \vec{V}_\psi) m_2.$$

Les composantes le long des axes OU, OV, OV′ sont

$$P_U = P_\theta; \qquad P_V = \frac{P_\psi}{\sin\theta}; \qquad P_{V'} = -\frac{P_\varphi}{\sin\theta}.$$

Finalement nous aurons dans les deux trièdres OXYZ et OX′Y′Z′ :

$$P_X = -\sin\varphi P_\theta - \operatorname{cotg}\theta \cos\varphi P_\varphi + \frac{\cos\varphi}{\sin\theta} P_\psi,$$

$$P_Y = \cos\varphi P_\theta - \operatorname{cotg}\theta \sin\varphi P_\varphi + \frac{\sin\varphi}{\sin\theta} P_\psi,$$

$$P_Z = P_\varphi;$$

$$P_{X'} = \sin\psi P_\theta + \operatorname{cotg}\theta \cos\psi P_\psi - \frac{\cos\psi}{\sin\theta} P_\varphi,$$

$$P_{Y'} = \cos\psi P_\theta - \operatorname{cotg}\theta \sin\psi P_\psi + \frac{\sin\psi}{\sin\theta} P_\varphi.$$

$$P_{Z'} = P\psi.$$

Dans une Note ultérieure nous étudierons les conditions de périodicité du moment cinétique et de la distribution interne : ce qui reviendra à quantifier le mouvement.

(1) D. Bohm et J.-P. Vigier, *Phys. Rev.* (sous-presse).

(2) Takabayasi, *Hydrodynamical representation of the Dirac equation* (supp. *Prog. Theor. Phys.*, Japan, 4, 1957); Bohm, Tiomno et Schiller, *Nuovo Cimento* supp. 1, 1955 Takabayasi, *Progr. Theor. Phys.*, 14, 1955; Takabayasi et Vigier, *Progr. Theor. Phys.*, Japan, 18, 1957.

(3) Weyssenhoff, *Acta physica Polonica*, 9, 1947.

(4) L. de Broglie, *Interprétation causale et non linéaire de la mécanique ondulatoire*, *Gauthier-Villars*, Paris.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les retournements de l'espace, du temps et de l'Univers dans la théorie des spineurs de Dirac.* III. *Choix de représentations fondamentales en fonction de la nature du spineur.* Note de Mme **Judith Winogradzki**, présentée par M. Louis de Broglie.

On montre l'intérêt d'utiliser les six représentations fondamentales, et non seulement une de chaque type, un choix rationnel s'effectuant en fonction de la nature du spineur.

Dans une Note antérieure ([1]), nous avons défini six représentations spinorielles fondamentales, dont deux sont réduites pour le groupe des rotations et retournements spatiaux ([2]), deux pour le groupe des rotations spatiales et du retournement du temps et deux pour le groupe de Lorentz propre ([3]). Dans cette Note, nous montrons que l'on a intérêt à utiliser effectivement toutes les représentations fondamentales (et non seulement une de chaque type), un choix rationnel s'effectuant en fonction de la nature du spineur considéré.

Les lois de transformation des spineurs pour les retournements de l'espace, du temps et de l'Univers sont données par l'équation (I.4) et les deux équations de la forme (II.1) ($\varepsilon = 1$ et $\varepsilon = -1$). Ce système d'équations (Σ) contient des paramètres. Pour des valeurs déterminées de ces paramètres, le système (Σ) résume six ensembles de lois de transformation, puisque la nature du retournement fondamental pour lequel est valable chacune des trois lois de transformation n'est pas spécifiée. La valeur (1 ou i) de chacun de ces paramètres dépend à la fois de la nature de la représentation fondamentale, c'est-à-dire de la valeur des indices μ et ν [équ. (II.6′)], et de la nature du spineur $\overset{t}{\underset{e}{\Psi}}$ ([4]) considéré, c'est-à-dire de la valeur des coefficients e et t.

Écrivons le système (Σ) explicitement. Deux cas sont à distinguer. L'un comprend les spineurs $\overset{1}{\underset{i}{\Psi}}$, l'autre les spineurs $\overset{1}{\underset{1}{\Psi}}$, $\overset{i}{\underset{i}{\Psi}}$ et $\overset{i}{\underset{1}{\Psi}}$, c'est-à-dire tous les spineurs autres que $\overset{1}{\underset{i}{\Psi}}$ ([5]). (Comme il sera montré ailleurs, les spineurs $\overset{1}{\underset{1}{\Psi}}$, $\overset{i}{\underset{i}{\Psi}}$ et $\overset{i}{\underset{1}{\Psi}}$ peuvent être examinés simultanément, en utilisant l'analogie qui existe entre les représentations du retournement du temps à l'aide de spineurs $\overset{1}{\underset{1}{\Psi}}$, du retournement de l'espace à l'aide de spineurs $\overset{i}{\underset{i}{\Psi}}$ et du retournement de l'Univers à l'aide de spineurs $\overset{i}{\underset{1}{\Psi}}$.)

1. (Σ) s'écrit

$$(1)\qquad \left\{\begin{array}{ll} \varphi \to \pm i\varphi, & \psi \to \mp i\psi, \\ \varphi \to \pm i\psi, & \psi \to \pm i\varphi, \\ \varphi \to \pm \psi, & \psi \to \mp \varphi, \end{array}\right.$$

pour les spineurs $\overset{1}{\underset{i}{\Psi}}$, quelle que soit la représentation fondamentale.

2 *a*. (Σ) s'écrit

$$(2)\qquad \left\{\begin{array}{ll} \varphi \to \pm i\varphi, & \psi \to \mp i\psi, \\ \varphi \to \pm i\psi, & \psi \to \mp i\varphi, \\ \varphi \to \pm\ \psi, & \psi \to \pm\ \varphi, \end{array}\right.$$

pour les spineurs $\overset{1}{\underset{1}{\Psi}}$ dans les deux T-représentations, pour les spineurs $\overset{i}{\underset{i}{\Psi}}$ dans les deux E-représentations et pour les spineurs $\overset{i}{\underset{1}{\Psi}}$ dans les deux U-représentations.

2 *b*. Pour les spineurs $\overset{1}{\underset{1}{\Psi}}$ en E-représentations et en U-représentations, pour les spineurs $\overset{i}{\underset{i}{\Psi}}$ en U-représentations et en T-représentations et pour les spineurs $\overset{i}{\underset{1}{\Psi}}$ en T-représentations et en E-représentations, deux cas sont à distinguer. Pour chaque spineur, dans l'une des deux représentations de chaque type, les lois de transformation sont de la forme (3), dans l'autre de la forme (4) :

$$(3)\qquad \boxed{\begin{array}{ll} \varphi \to \pm \varphi, & \psi \to \psi, \\ \varphi \to \pm \psi, & \left\{\begin{array}{l} \psi \to \pm \varphi, \\ \psi \to \mp \varphi; \end{array}\right. \end{array}}$$

$$(4)\qquad \left\{\begin{array}{ll} \varphi \to \pm \varphi, & \psi \to \mp \psi, \\ \varphi \to \pm i\psi, & \left\{\begin{array}{l} \psi \to \pm i\varphi, \\ \psi \to \mp i\varphi. \end{array}\right. \end{array}\right.$$

On a évidemment intérêt à utiliser une représentation où sont valables les lois de transformation (3). D'après ce qui précède, ceci n'est pas possible pour les spineurs $\overset{1}{\underset{i}{\Psi}}$, ainsi que pour les spineurs $\overset{1}{\underset{1}{\Psi}}$ en T-représentation, pour les spineurs $\overset{i}{\underset{i}{\Psi}}$ en E-représentation et pour les spineurs $\overset{i}{\underset{1}{\Psi}}$ en U-représentation. Mais c'est possible dans tous les autres cas.

Les lois de transformation sont de la forme (3) dans les cas suivants :

$$(5)\qquad \left\{\begin{array}{llll} \text{Spineurs } \overset{1}{\underset{1}{\Psi}} & \left\{\begin{array}{l} \mu = 3, \\ \mu = 3, \end{array}\right. & \begin{array}{l} \nu = 1 \\ \nu = 2 \end{array} & \begin{array}{l} \text{(E-représentation),} \\ \text{(U-représentation);} \end{array} \\ \text{Spineurs } \overset{i}{\underset{i}{\Psi}} & \left\{\begin{array}{l} \mu = 2, \\ \mu = 1, \end{array}\right. & \begin{array}{l} \nu = 3 \\ \nu = 3 \end{array} & \begin{array}{l} \text{(U-représentation),} \\ \text{(T-représentation);} \end{array} \\ \text{Spineurs } \overset{i}{\underset{1}{\Psi}} & \left\{\begin{array}{l} \mu = 1, \\ \mu = 2, \end{array}\right. & \begin{array}{l} \nu = 2 \\ \nu = 1 \end{array} & \begin{array}{l} \text{(T-représentation),} \\ \text{(E-représentation).} \end{array} \end{array}\right.$$

Les six représentations fondamentales figurent dans ce tableau. On a donc intérêt à utiliser toutes les représentations fondamentales et non seulement une de chaque type.

(1) J. Winogradzki, *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 2206; *cf.* aussi p. 1896. Les numéros des équations de ces deux Notes seront précédés de (I) et (II).

(2) Dont une représentation classique. *Cf.* L. de Broglie, *Théorie générale des particules à spin*, Paris, Gauthier-Villars, 1954.

(3) Dont une représentation classique. *Cf.* W. Pauli, *Die Allgemeinen Prinzipien der Wellenmechanik*. Michigan, Edwards, 1947.

(4) Rappelons que $\overset{t}{\underset{e}{\Psi}}$ est un spineur qui se transforme pour le retournement de l'espace en $\pm e\gamma^4\Psi$ et pour le retournement du temps en $\pm t\gamma^1\gamma^2\gamma^3\Psi$. L'introduction d'une notation spéciale indiquant la flectovariance aurait pu être évitée ici, mais elle s'impose dans l'étude d'autres questions. C'est pourquoi nous avons gardé nos notations habituelles. *Cf.* par exemple, J. Winogradzki, *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 1158.

(5) *Sur le rôle particulier des spineurs* $\overset{1}{\underset{i}{\Psi}}$, *cf.* G. Racah, *Nuovo Cimento*, 14, 1937, p. 322.

(*Institut Henri Poincaré, Paris.*)

MÉTROLOGIE. — *Le dépouillement des mesures sans hypothèse préalable.* Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Albert Pérard.

Dans le cas d'une loi représentative à trois paramètres, on peut, en discutant un graphique linéaire, et même si l'on a usé d'anamorphose, déterminer le résultat en vue duquel ont été faites les expériences, de façon telle que l'imprécision des mesures n'ait que le minimum d'influence.

Il s'agit ici de mesures qui seront interprétées dans le cadre d'une loi de forme analytique connue. Le problème, ainsi que nous l'avons répété maintes fois, est d'obtenir, d'un caractère de la courbe expérimentale exprimant le résultat physique en vue duquel (1) on a monté l'expérience, une détermination aussi peu sensible que possible aux incertitudes des mesures. Nous y sommes parvenu, l'intervalle expérimental ayant été découpé en N sous-intervalles jointifs, si la loi représentative comporte N paramètres, et étant écrit que, dans chacun d'eux, il y avait identité de valeur moyenne entre la mesure et sa représentation, en choisissant les bornes de ces sous-intervalles, de telle façon que, dans la relation qu'on peut alors écrire entre l'imprécision du résultat et l'imprécision des mesures, ces dernières aient les coefficients le plus petits possible en valeur absolue, ce qui s'obtient, en général, en leur imposant une valeur unique (en valeur absolue).

Mais cette procédure n'est pas la solution véritable du problème, car elle ne convient qu'à une manière particulière de le définir; il n'est vraiment posé que si l'on a précisé au préalable de quelle façon seraient reliés, aux données expérimentales, les paramètres inconnus de la loi représentative. Ici, on réalisait cette relation par des moyennes, ce qui semblait assez naturel, mais soulevait, en pratique, d'immenses difficultés (2), à cause de l'extrême pauvreté des documents.

Or, sans faire aucune hypothèse, en exprimant seulement que la mesure y_i est compatible, à ε_i près, avec la représentation théorique $Y(i)$, on peut jouer

de l'arbitraire laissé par la limitation, effectuée *a priori*, $|\varepsilon_i| < \Lambda$, pour que les chiffres retenus répondent au mieux au problème posé.

Nous supposerons que la loi $Y(x)$ renferme trois paramètres au plus : ce sera le cas fréquent, la détermination de paramètres en nombre supérieur à trois étant extrêmement délicate si l'allure du graphique n'en impose pas avec évidence la nécessité. S'il y a N paramètres $(N > 3)$, à moins qu'on ne possède un document anormalement riche et révélateur le plus sage sera ordinairement le plus simple : marquer, dans le nuage de points, N points d'abscisses équidistantes, et écrire que l'expression $Y(x, A, B, C, \ldots)$ est vérifiée en chacun de ces N points.

Soit donc une loi $Y(x, A, B, C)$. On écrira que les M points (x_i, y_i) satisfont à cette loi à ε_i près. En éliminant A, B, C entre quatre telles équations consécutives, on obtient une relation entre quatre ε_i consécutifs, ce qui permet d'exprimer tous les ε_i en fonction de trois d'entre eux, ε_l, ε_m, ε_n, par une relation linéaire, puisque les ε_i sont petits. Écrivons alors que toutes les $|\varepsilon_i|$ sont moindres que Λ, ce qui revient, comme nous l'avons expliqué dans une Note précédente ([3]), à construire un polyèdre dont tous les points intérieurs ont pour coordonnées les valeurs possibles pour ε_l, ε_m, ε_n, ce qui donne l'ensemble des valeurs possibles pour tous les ε_i, et donc pour les paramètres A, B, C, et donc enfin pour le résultat G cherché, lequel est une propriété de la courbe $Y(x)$.

En fait, l'épure à trois coordonnées serait fort pénible et embrouillée. S'appuyant sur le fait que, souvent, l'un, A, des trois paramètres, a moins d'importance, surtout s'il est additif dans l'expression Y (auquel cas il n'est qu'un paramètre de position, alors que c'est de paramètres de forme que dépend la propriété G), on le remplacera par une valeur approchée, et les constructions, puisque alors ε_n, par exemple, sera exprimable en fonction linéaire de ε_l et ε_m, se réduiront ([4]) au tracé de droites dans le plan $(\varepsilon_l, \varepsilon_m)$.

Il faut exprimer qu'à l'intérieur du polygone (Π) remplaçant le polyèdre précité, on choisit le couple $(\varepsilon_l, \varepsilon_m)$ conduisant au résultat G le plus précis possible.

A cet effet, on effectue successivement les opérations pour une valeur relativement faible Λ_1 de Λ, puis pour une valeur plus notable Λ_2.

A une valeur quelconque de ε_l, correspondent, d'après les contours du polygone (Π_1) relatif à Λ_1, des valeurs de ε_m définies avec une incertitude η_1 ; dans (Π_2) cette incertitude devient η_2. D'après les relations liant G aux A, B, C et donc à ε_l et ε_m, à l'incertitude Λ_1 correspond, par η_1, une incertitude $\delta_1 G$; et de même à Λ_2 correspond une incertitude $\delta_2 G$. A la variation d'incertitude $(\Lambda_2 - \Lambda_1)$ dans les données correspond ainsi, dans le résultat, une variation d'incertitude $(\delta_2 G - \delta_1 G)$. En explorant le polygone (Π_1), on trouve pour quelle valeur de ε_l le rapport $|\delta_2 G - \delta_1 G|/\Lambda_2 - \Lambda_1$ est le plus petit possible : c'est à ce moment qu'on possède la meilleure valeur possible pour G.

La conduite des calculs eût gardé le même aspect et fût restée aussi correcte, si nous avions opéré des anamorphoses préalables, pratique généralement très dangereuse.

(1) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 230.
(2) *Comptes rendus*, **244**, 1957, p. 2361 et surtout p. 1017.
(3) *Comptes rendus*, **244**, 1957, p. 1017.
(4) *Publ. scient. et techn. Min. Air*, série jaune, nº N. T. **70**, chap. IV.

MAGNÉTISME. — *L'approche à la saturation en* $1/H$ *du fer et du nickel purs polycristallins*. Note (*) de M. **Henri Danan**, transmise par M. Gabriel Foëx.

Nous avons montré (1) que le fer et le nickel purs polycristallins présentent effectivement une aimantation paramagnétique superposée, conformément à l'expression classique de la loi d'approche :

$$(1)\qquad I = I_s\left(1 - \frac{a}{H} - \frac{b}{H^2}\right) + \chi_0 H.$$

Le terme b/H^2 traduit le phénomène des rotations contre les forces magnétocristallines ou magnétoélastiques (2), (3), (4), (5), (6) le terme a/H n'est expliqué que dans des cas particuliers : cavités, inclusions non magnétiques (7) ou dislocations du réseau cristallin (8), (9), mais aucun des mécanismes classiques de l'aimantation (déplacements de parois, rotations) n'en rend compte dans le cas le plus général. La susceptibilité χ_0, calculée d'après la théorie du champ moléculaire (10) (11) est trop petite. Néel (12) obtient pour χ_0 une valeur en meilleur accord avec l'expérience, mais indépendante du champ. Holstein et Primakoff (13) ont montré qu'en tenant compte des interactions entre dipôles élémentaires, et pour des températures notablement inférieures au point de Curie, la susceptibilité doit varier dans les champs élevés comme $H^{-1/2}$. Suivant le mode de calcul, quantique ou classique, ils trouvent pour l'aimantation superposée, deux expressions de la susceptibilité différentielle qui conduisent pour l'aimantation totale aux deux formes

$$(2)\qquad I = I_s\left(1 - \frac{a}{H} - \frac{b}{H^2}\right) + \alpha\left[3\left(\frac{4\pi I_0}{H}\right)^{\frac{1}{2}} + \left(1 + \frac{4\pi I_0}{H}\right)\arcsin\left(1 + \frac{H}{4\pi I_0}\right)^{-\frac{1}{2}}\right]H,$$

et

$$(3)\qquad I = I_s\left(1 - \frac{a}{H} - \frac{b}{H^2}\right) + 4\alpha\left(\frac{4\pi I_0}{H}\right)^{\frac{1}{2}}\left(1 + \frac{\gamma I_0}{H}\right)^{\frac{1}{2}} H,$$

I_0 étant l'aimantation à saturation absolue, $0 \leqq \gamma \leqq 4\pi$ et α un coefficient ne dépendant que de la température, qui s'écrit, en introduisant $I_{0,T}$, aimantation

spontanée à la température T et β magnéton de Bohr :

$$\alpha = \frac{I_0 - I_{0,T}}{I_0} \frac{1}{16.2^{\frac{1}{2}}.1,3}\left(\frac{4\pi\beta I_0}{kT}\right)^{\frac{1}{2}} \qquad (4)$$

La validité du calcul quantique, qui donne le dernier terme de (2), est restreinte à un domaine de températures telles que $kT \ll 2SJ$, en désignant par $2SJ$ l'énergie d'échange [13].

A partir des résultats expérimentaux concernant le fer et le nickel [1] on a déterminé le type de loi effectivement suivie et calculé les coefficients I_s, a, b et α.

Dans les cas étudiés on a trouvé $a \ll 1$, donc pratiquement nul aux erreurs d'expérience près, et l'on peut reproduire presque rigoureusement les résultats expérimentaux en posant, pour le fer :

$$I = I_s\left(1 - \frac{b}{H^2}\right) + \alpha\left[3\left(\frac{4\pi I_0}{H}\right)^{\frac{1}{2}} + \left(1 + \frac{4\pi I_0}{H}\right) \text{arc sin}\left(1 + \frac{H}{4\pi I_0}\right)^{-\frac{1}{2}}\right]H \qquad (2')$$

et, pour le nickel :

$$I = I_s\left(1 - \frac{b}{H^2}\right) + \left(\frac{\alpha_1}{H^{\frac{1}{2}}}\right)H, \qquad (3')$$

avec

	I_s u. é. m. C. G. S./g	a.	$b.10^{-3}$.	$\alpha.10^5$/g.	$\alpha_1.10^3$/g.
Fe	217,0	$\simeq 0$	2,4	0,85	–
Ni_1 étiré	55,05	$\simeq 0$	31,0	–	2,8
Ni_1 recuit	55,05	$\simeq 0$	1,4	–	2,8
Ni_2	55,05	$\simeq 0$	5,0	–	3,4

La valeur théorique de α déduite de (4) pour Fe est de $0,6.10^{-5}$/g. Pour Ni en prenant $\alpha_1 = 4\alpha(4\pi I_0)^{1/2}$ on trouve $\alpha_1 = 2,9.10^{-3}$/g, valeur en très bon accord avec les résultats expérimentaux et qui semblerait justifier la validité de (3) pour Ni, avec $\gamma \simeq 0$.

La différence entre le cas de Fe et celui de Ni pourrait s'interpréter en remarquant que Ni à la température ambiante se trouve plus près de son point de Curie de sorte que la condition $kT \ll 2SJ$ est moins bien satisfaite, et que le phénomène peut se trouver mieux décrit par le calcul classique.

Les courbes représentant (2') et (3'), calculées avec les valeurs numériques figurant au tableau, sont tracées sur les figures 1, 2, 3 et 4 où l'aimantation I est portée en fonction de $1/H$. Elles présentent toutes un assez grand domaine d'apparence linéaire malgré l'absence du terme a/H; ceci s'explique par l'existence d'un point d'inflexion pour une valeur H_0 du champ qu'on peut calculer à l'aide de l'équation $I''(1/H_0) = 0$. Au voisinage de ce point, la courbe se confond avec sa tangente et donne l'apparence d'une loi du type $I = I_s[1 - (a/H)]$, avec une approximation d'autant meilleure que dans le

développement :

$$(5)\qquad \mathrm{I}\left(\frac{1}{\mathrm{H}}\right)=\mathrm{I}\left(\frac{1}{\mathrm{H}_0}\right)+\left(\frac{1}{\mathrm{H}}-\frac{1}{\mathrm{H}_0}\right)\mathrm{I}'\left(\frac{1}{\mathrm{H}_0}\right)+\frac{1}{3!}\left(\frac{1}{\mathrm{H}}-\frac{1}{\mathrm{H}_0}\right)^3\mathrm{I}'''\left(\frac{1}{\mathrm{H}_0}\right)+\ldots$$

les valeurs des dérivées $\mathrm{I}'''(1/\mathrm{H}_0)$, $\mathrm{I}^{\mathrm{IV}}(1/\mathrm{H}_0)$, ... sont plus faibles.

Cette condition est elle-même d'autant mieux satisfaite que le coefficient b est plus petit, c'est-à-dire que les énergies magnétocristallines et magnétoélastiques sont plus faibles, et que α est plus grand.

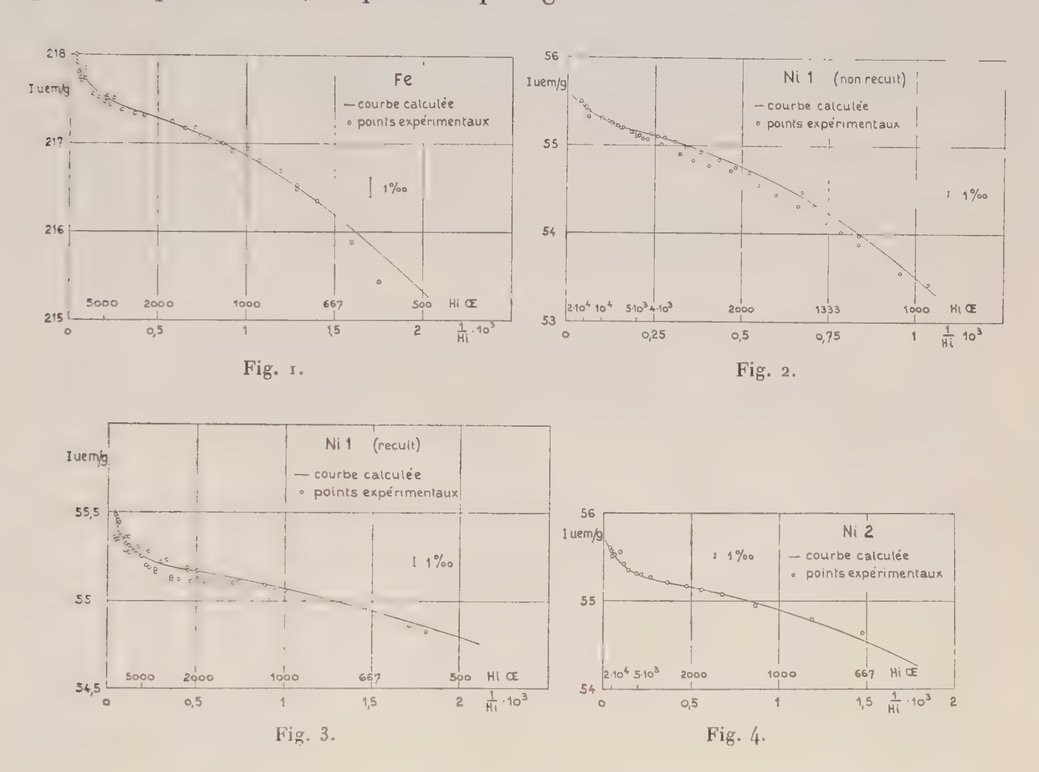


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

D'après (5) le coefficient apparent de dureté magnétique est donné par $-\mathrm{I}'(1/\mathrm{H}_0)/\mathrm{I}(1/\mathrm{H}_0)$. Dans le cas simple du Ni, il se calcule facilement et l'on trouve $a_{app}=10b/3\mathrm{H}_0$ avec $\mathrm{H}_0=(8b\mathrm{I}_s/3\alpha)^{2/5}$; a_{app} étant proportionnel à $b^{3/5}$, on voit que si b est grand, — cas d'une grande anisotropie ou de tensions internes élevées (*fig.* 2) la pente de $\mathrm{I}(1/\mathrm{H})$ est elle-même grande : le domaine linéaire se trouve repoussé vers les champs élevés et l'importance de la pente cache presque complètement l'aimantation paramagnétique superposée.

On montrera ultérieurement qu'on obtient des résultats identiques à partir des mesures de susceptibilité différentielle et en utilisant la représentation adoptée par Polley.

(*) Séance du 23 décembre 1957.

(1) H. Danan, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 73.

(2) E. Czerlinsky, *Ann. Phys.*, 13, 1932, p. 80.
(3) Becker-Döring, *Ferromagnetismus*, Springer Verlag, Berlin, 1939, p. 167.
(4) R. Becker et H. Polley, *Ann. Phys.*, 37, 1940, p. 534.
(5) T. Holstein et H. Primakoff, *Phys. Rev.*, 59, 1941, p. 388.
(6) L. Néel, *J. Phys. Rad.*, 9, 1948, p. 193.
(7) L. Néel, *J. Phys. Rad.*, 9, 1948, p. 184.
(8) W. F. Brown, *Phys. Rev.*, 58, 1940, p. 736.
(9) W. F. Brown, *Phys. Rev.*, 60, 1941, p. 139.
(10) P. Weiss et R. Forrer, *Ann. Phys.*, 10e série, 10, 1929, p. 279.
(11) N. S. Akulov, *Z. Phys.*, 69, 1931, p. 822.
(12) L. Néel, *J. Phys. Rad.*, 5, 1934, p. 104.
(13) T. Holstein et H. Primakoff, *Phys. Rev.*, 58, 1940, p. 1098.

LUMINESCENCE. — *Sur le calcul des spectres d'émission dans le modèle des courbes de configuration.* Note (*) de M. **Daniel Curie**, transmise par M. Frédéric Joliot.

Pour décrire les spectres de luminescence cristalline, on utilise, soit le modèle des courbes de configuration (a, centre très localisé), soit la description du cristal par 3N phonons (b, centre très peu localisé). Cette Note donne un traitement du modèle a dans le cas où les fréquences de vibration des ions sont les mêmes dans l'état fondamental et l'état excité.

Pour rendre compte, en Luminescence cristalline, du déplacement de Stokes entre les bandes d'émission et d'absorption, ainsi que de la largeur de ces bandes, on introduit l'interaction entre l'activateur et le réseau. On peut décrire cette interaction par le modèle des courbes de configuration, applicable à un centre luminogène très localisé, tel que Tl^+ dans KCl (1). Si l'ion activateur n'interagit qu'avec ses premiers voisins, la configuration sera déterminée par leur distance r. D'après Klick (2), ce modèle conviendrait aussi pour les centres F. Nous poserons $U_f(r)$ et $U_e(r)$ énergie potentielle de l'activateur en interaction avec le réseau (*fig.* 1), suivant qu'il est dans l'état fondamental ou l'état excité.

$$U_f(r) = \frac{1}{2} k_f r^2, \qquad U_e(r) = U_0 + \frac{1}{2} k_e (r - r_0)^2;$$

$$\omega_f = \sqrt{\frac{k_f}{M}}, \qquad \omega_e = \sqrt{\frac{k_e}{M}},$$

M masse des ions de vibration. Nous faisons l'hypothèse $\omega_f = \omega_e = \omega$; c'est bien le cas pour les centres F($\hbar\omega_f \simeq \hbar\omega_e \simeq 0{,}011$ eV, alors que $\hbar\omega$ optique du réseau KCl parfait est 0,028 eV) (2); mais dans KCl(Tl) $\hbar\omega_f \simeq 0{,}016$ eV, $\hbar\omega_e \sim 0{,}010$ eV (1).

La fréquence moyenne émise est ν_0 (*fig.*). Mais on peut avoir émission de toutes les fréquences ν_{nm} correspondant au passage de l'état de vibration n des

ions dans l'état excité à l'état de vibration m des ions dans l'état fondamental. Comme pour les spectres des molécules diatomiques, l'intensité $I(\nu_{nm})$ est proportionnelle au carré de l'intégrale de recouvrement (approximation de Condon) :

$$J(\nu_{nm}) = \int \psi_e^n(r - r_0)\, \psi_f^m(r)\, dr.$$

Les ψ sont les fonctions propres de l'oscillateur harmonique.

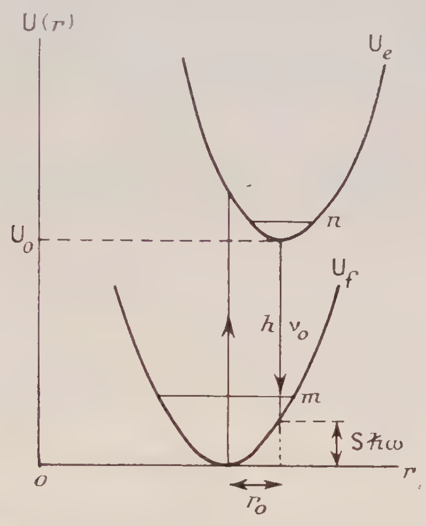


Fig. 1. — Schéma de courbes de configuration. ν_0, fréquence moyenne émise ; S, nombre moyen de quanta de vibrations thermiques émis après le photon.

Une Note récente de Ruamps ([3]) a donné le calcul rigoureux de l'élément de matrice J. Si l'on introduit le paramètre S défini par $1/2\,kr_0^2 = S\hbar\omega$ (*fig.*), le résultat de Ruamps s'écrit :

$$J(\nu_{nm}) = \Lambda_n^p(S), \qquad p = m - n > 0 \quad \text{pour l'émission,}$$

où $\Lambda_n^p(S)$ est une fonction de Laguerre normée ([4]) :

$$\Lambda_n^p(S) = \left[\frac{n!\, e^{-S}\, S^p}{(n+p)!}\right]^{\frac{1}{2}} L_n^p(S),$$

$$L_n^p(S) = \frac{1}{n!}\, e^S S^{-p} \left(\frac{d}{dS}\right)^n (e^{-S} S^{n+p}).$$

Cependant la même fréquence ν peut être émise à partir d'un niveau excité de n quelconque ; en effet

$$h\nu_{nm} = U_0 + \left(n + \frac{1}{2}\right)\hbar\omega - \left(m + \frac{1}{2}\right)\hbar\omega = U_0 - p\hbar\omega$$

ne dépend que de p. p est le nombre de phonons émis après le photon $h\nu_{nm}$; ($\bar{p}_{\text{moy}} = S$).

Ainsi l'intensité $I(\nu)$ est proportionnelle à

$$I(\nu) :: \sum_{\substack{n=0\\ p=\text{Cte}}}^{\infty} [A_n^p(S)]^2 \frac{e^{-n\alpha}}{\sum_0^{\infty} e^{-n\alpha}} \quad (^5),$$

$\alpha = \hbar\omega/kT$. Cette somme se calcule par la formule de Lébédeff ([4]) :

$$I(\nu) :: e^{p\frac{\alpha}{2}} e^{-S\coth\frac{\alpha}{2}} I_p\left(\frac{S}{\operatorname{sh}\frac{\alpha}{2}}\right).$$

Soit $\bar{n} = 1/e^{\alpha} - 1$ le nombre moyen de phonons présents à la température T, il vient pour *la répartition de l'intensité lumineuse* $I(\nu)$ *dans le spectre :*

$$I(\nu) :: \left(\frac{\bar{n}+1}{\bar{n}}\right)^{\frac{p}{2}} e^{-S(2\bar{n}+1)} I_p\left[2S\sqrt{\bar{n}(\bar{n}+1)}\right].$$

On retrouve la *formule de Huang et Rhys* ([6]), établie jusqu'alors dans le modèle b d'un centre très peu localisé; on s'explique ainsi la validité très générale de cette formule.

$I_p(x)$ est la fonction de Bessel d'argument complexe $i^{-p} J_p(ix)$:

$$I_p\left[2S\sqrt{\bar{n}(\bar{n}+1)}\right] = \sum_{s=0}^{\infty} \frac{\left[S\sqrt{\bar{n}(\bar{n}+1)}\right]^{2s+p}}{s!\,(s+p)!}.$$

Dès que $x \geqq 4$ (S grand ou T grand) on a la forme asymptotique

$$I_p(x) \to \frac{e^x}{\sqrt{2\pi x}} e^{-\frac{p^2}{2x}},$$

$I(\nu)$ est alors une fonction de Gauss centrée sur $\bar{p} = S$, c'est le résultat de l'approximation semi-classique.

(*) Séance du 13 janvier 1958.

([1]) F. E. Williams, *J. Chem. Phys.*, 19, 1951, p. 457; *Phys. Rev.*, 82, 1951, p. 281.

([2]) C. C. Klick et G. A. Russel, *Phys. Rev.*, 101, 1956, p. 1473.

([3]) J. Ruamps, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 2034.

([4]) E. T. Whittaker, *Proc. Roy. Soc. Edinburgh*, 61, 1941, p. 1. MM. G. Bouligand, R. Campbell et G. Petiau, m'ont conseillé dans ces calculs.

([5]) En posant $I(\nu)$ somme des $I(\nu_{nm})$ (pondérée par un facteur de Boltzmann), nous supposons qu'il n'y a pas de relation de phase entre les différents $h\nu_{nm}$. C'est bien le cas si l'équilibre thermique a eu le temps de s'établir entre les différents niveaux n pendant l'intervalle séparant l'absorption de l'émission.

([6]) K. Huang et A. Rhys, *Proc. Roy. Soc.*, 204 A, 1951, p. 406.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Influence du* pH *des révélateurs à l'amidol sur le voile* γ *des émulsions nucléaires.* Note (*) de MM. **Jacques Bermond** et **Maurice Scherer**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

On recherche l'influence du pH du révélateur sur les densités de voile γ et l'on étudie leurs variations avec la profondeur dans des émulsions Ilford G_5 de 400 μ traitées à 5° C pendant 80, 90, 100 et 120 mn.

Les expériences ont porté sur des plaques irradiées au bétatron de Villejuif (C. E. A.) traitées par des révélateurs à l'amidol sans bromure de potassium dans lesquels les variations de pH étaient obtenues par addition d'acide chlorhydrique (¹), la concentration en amidol et sulfite étant constante.

La température a été maintenue à 5° C pendant toute la partie active du traitement : développement, bain d'arrêt et début du fixage.

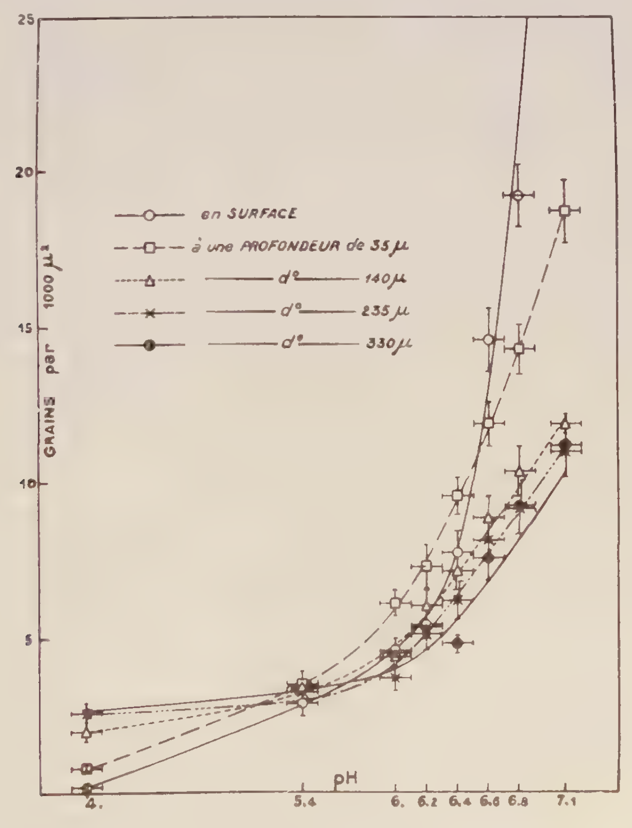


Fig. 1. — Densité du voile à différentes profondeurs. Traitement : 100 mn à 5° C.

La densité de voile a été déterminée par comptage des grains et des aggrégats dans des champs situés au voisinage de la surface et à des

profondeurs moyennes de 35, 140, 235 et 330 μ, ces profondeurs étant rapportées à l'émulsion non traitée. La densité de voile est évaluée en grains pour 1000 μ^2.

Les courbes de la figure 1 représentent les variations de la densité du voile aux différentes profondeurs suivant le pH du révélateur, pour un traitement de 100 mn.

Ces courbes mettent en évidence une croissance très rapide du voile avec le pH; cette variation est surtout accusée pour les couches supérieures de l'émulsion.

Les courbes relatives aux trois autres traitements présentent la même allure générale; elles montrent que le surdéveloppement des couches superficielles s'accroît avec la durée de séjour dans le révélateur.

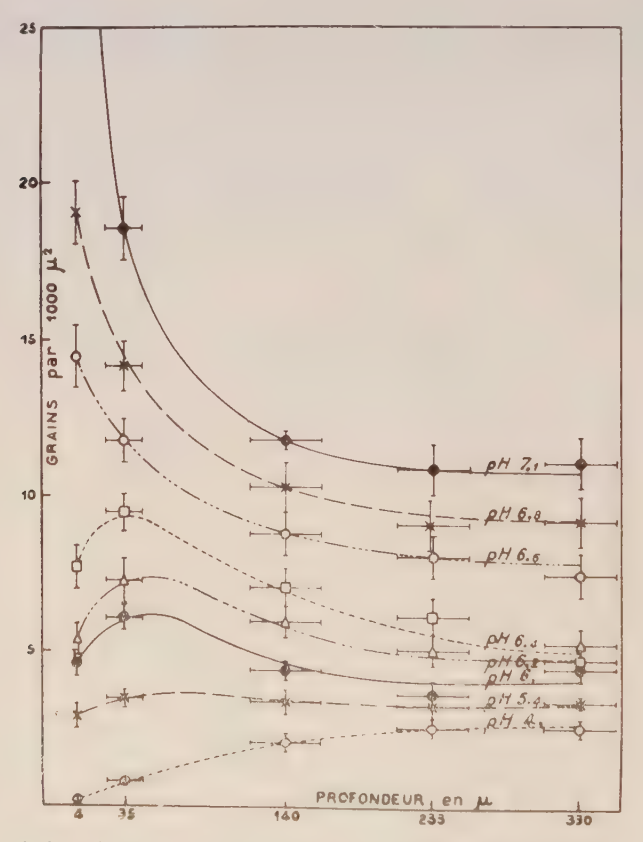


Fig. 2. — Variations de la densité du voile avec la profondeur. Traitement : 100 mn à 5° C.

Les variations en profondeur, pour la même durée de traitement et pour les différents pH, sont traduites par les courbes de la figure 2. Elles sont imputables aux variations du pH du révélateur au cours de sa pénétration dans l'émulsion (1).

Il semble, d'après ces résultats, qu'on puisse ranger les révélateurs utilisés en trois catégories suivant leur pH :

1° les révélateurs de pH 7,1 à 6,6;

2° les révélateurs de pH 6,4 à 6;

3° les révélateurs de pH 5,4 à 4.

Le pH est modifié dans un sens ou dans l'autre suivant qu'il est, à l'origine, inférieur ou supérieur à celui de l'émulsion. Le pouvoir tampon de la gélatine intervient, ce qui explique qu'au-delà d'une certaine profondeur, les variations observées sont faibles.

Le premier groupe correspond à des formules usuelles et la variation de la densité du voile avec la profondeur est en accord avec ce qui a été constaté [(2) et (3)] sur des émulsions de faible épaisseur.

Ce sont les révélateurs du second groupe qui semblent devoir donner les résultats les plus satisfaisants du point de vue de l'uniformité du voile, tout en conservant une activité suffisante dans un développement à basse température.

(*) Séance du 13 janvier 1958.

(1) A. BERNET et R. CHASTEL, *J. Phys. Rad.*, 15, 1954, p. 781.

(2) G. ALVIAL, *Nuovo Cimento*, 10, 1953, p. 1616.

(3) A. C. COATES, *Fundamental Mechanisms of photographic sensivity*, London, 1951, p. 320.

(*Laboratoire de Physique, Faculté des Sciences, Caen.*)

CHIMIE PHYSIQUE. — *Rendements « moléculaires » et « radicalaires » lors de la radiolyse des solutions aqueuses par les rayons α.* Note de M. **Jacques Pucheault**, transmise par M. Frédéric Joliot.

On connaît les difficultés rencontrées dans l'interprétation des radiolyses de solutions aqueuses par les rayons α, suivant un mode de raisonnement analogue à celui employé pour les rayons γ. Basée physiquement sur l'hétérogénéité de la formation des produits radiolytiques de l'eau dans des sites privilégiés (grappes), la théorie permet de distinguer des rendements radicalaires (G_H, G_{OH}) et moléculaires (G_{H_2}, $G_{H_2O_2}$) indépendants de la nature du soluté et de sa concentration (du moins dans certaines limites de celle-ci). Ceci a permis d'interpréter quantitativement l'action des rayons γ sur de nombreux systèmes (1), (2), (3) en appliquant aux réactions les règles habituelles de cinétique homogène après avoir écrit schématiquement :

$$\text{(I)} \qquad G_{-H_2O}\,H_2O \xrightarrow[\gamma]{100\text{ eV}} G_H\,H + G_{OH}\,OH + G_{H_2}\,H_2 + G_{H_2O_2}\,H_2O_2.$$

En ce qui concerne les rayonnements à ionisation dense, on pouvait penser

a priori que ce traitement serait d'autant mieux justifié que les trajectoires, sites de formation des produits radiolytiques de l'eau, y semblent bien mieux définies. Cependant, les divers travaux expérimentaux ont montré que les rendements calculés avaient des valeurs différentes selon le système examiné, même si l'on faisait intervenir la réaction $OH + H_2O_2 \rightarrow HO_2 + H_2O$ depuis longtemps invoquée ([4]), dans la zone des trajectoires ([5]) ce qui impliquait l'existence d'un rendement primaire G_{HO_2} ([6]) ou revenait à remplacer le processus de départ (I) par

$$\text{(II)} \qquad G_{-H_2O}H_2O \xrightarrow[\alpha]{100\ \text{eV}} G_H H + G_{HO_2}HO_2 + G_{OH}OH + G_{H_2}H_2 + G_{H_2O_2}H_2O_2.$$

Or, les premiers résultats d'un travail actuellement en cours, en collaboration avec C. Ferradini, concernant l'action des rayons α sur les solutions aqueuses de sels de vanadium semblent indiquer une voie qui permettrait de résoudre ce problème. Pour cela, nous admettrons l'existence d'une deuxième zone d'hétérogénéité autour de chaque trajectoire de particule α. Cette deuxième zone serait caractérisée par la présence des trois réactions de décomposition de produits moléculaires :

$$(a) \qquad OH + H_2O_2 \rightarrow HO_2 + H_2O,$$

$$(b) \qquad OH + H_2 \rightarrow H + H_2O,$$

$$(c) \qquad H + H_2O_2 \rightarrow OH + H_2O.$$

Les rendements effectifs de décomposition de l'eau [définis par l'équation (II)], seraient alors différents selon la nature et la concentration du soluté, c'est-à-dire selon sa capacité de pénétrer dans la deuxième zone, de réagir soit avec les atomes H, soit avec les radicaux OH, soit avec les deux (et même éventuellement avec les molécules H_2O_2) et d'empêcher ainsi, par compétition locale, les réactions (*a*), (*b*) ou (*c*). Nous appellerons bon capteur S_R d'un radical R le soluté capable, pour les concentrations et les intensités employées, de supprimer ainsi les réactions de décomposition avec le radical R. Nous désignerons par G les rendements mesurables pour les solutés $S_{OH,H}$ ou pour les systèmes comportant à la fois S_{OH} et S_H (l'un des deux solutés pouvant d'ailleurs être formé au cours de la radiolyse), par G' ceux pour les solutés S_H, et par G'' ceux pour S_{OH}. Nous écrirons G_a, G_b et G_c les rendements correspondant aux réactions (*a*), (*b*) et (*c*). Nous examinerons successivement trois séries de résultats qui nous permettront de déterminer ces différentes valeurs.

En présence de rayons α provenant de polonium dissous, les solutions acides (H_2SO_4 0,8 N) aérées de $VO_2^+(V^V)$ ou de $VO^{++}(V^{IV})$ évoluent vers un état stationnaire entre les deux formes d'oxydo-réduction. Nous avons constaté qu'initialement le vanadium pentavalent se réduisait à la valence IV avec le rendement $(G_{VO^{++}})_0 = 1,20$ mol/100 eV tandis que s'accumulait la forme peroxydée VO_4^- ou VO_3^+ avec le rendement $(G_{VO_4^-})_0 = 1,25$ mol/100 eV.

Quand, au contraire, VO^{++} est irradié initialement seul il s'oxyde avec le rendement $(G_{VO_2^+})_0 = 2,10$ mol/100 eV. D'après les hypothèses déjà utilisées dans nos travaux précédents sur la réduction par les rayons γ de solutions acides de VO_2^+ [3] ou de VO_4^- [8] le système devrait se comporter comme un bon capteur d'atomes H(S_H) et non de radicaux OH et ces rendements correspondraient à

(1) $$(G_{VO^{++}})_0 = 1,20 = G'_H + G'_{HO_2} + G'_{OH},$$

(2) $$(G_{VO_4^-})_0 = 1,25 = G'_{H_2O_2} - G'_{OH},$$

(3) $$(G_{VO_2^+})_0 = 2,10 = 2G'_{H_2O_2} + G'_{OH} - G'_H - G'_{HO_2}.$$

En absence comme en présence d'air, le cérium tétravalent en milieu acide est réduit par les rayons α avec le rendement $G_{Ce^{III}} = 3,2$ [9], [10] tandis que l'hydrogène se dégage avec le rendement $G_{H_2}^{Ce} = 1,8$ [10]. On peut penser que le système Ce^{IV}/Ce^{III} se comporte alors à la fois comme un bon capteur de radicaux OH et d'atomes H ce qui permet d'écrire :

(4) $$G_{Ce^{III}} = 3,20 = 2G_{H_2O_2} + G_H - G_{OH},$$

(5) $$2G_{H_2}^{Ce} = 3,60 = 2G_{H_2} = 2G_{H_2O_2} - G_H + G_{OH}.$$

Les rayons α oxydent le sulfate ferreux en milieu acide désaéré avec le rendement $G_{Fe^{III}} = 3,65$ [par exemple [7]]. En absence d'air il semble que le système Fe^{II}/Fe^{III} se comporte seulement comme un bon capteur de radicaux OH(S_{OH}) et l'on peut donc poser

(6) $$G_{Fe}III = 3,65 = 2G''_{H_2O_2} + G''_{OH}.$$

Si l'on ajoute à ces six équations celles découlant des réactions (*a*), (*b*) et (*c*) (par exemple $G_{H_2O_2} - G'_{H_2O_2} = G_a$, $G_{HO_2} = 0$ etc.) on peut calculer G_a, G_b, G_c ainsi que les rendements correspondant aux trois espèces de solutés (*voir* tableau)

Décompositions.	Pour $S_{OH,H}$.	Pour S_H.	Pour S_{OH}.
	$G_{H_2} = 1,80$	$G'_{H_2} = 1,55$	$G''_{H_2} = 1,80$
$G_a = 0,25$	$G_{H_2O_2} = 1,70$	$G'_{H_2O_2} = 1,45$	$G''_{H_2O_2} = 1,25$
$G_b = 0,25$	$G_{OH} = 0,70$	$G'_{OH} = 0,20$	$G''_{OH} = 1,15$
$G_c = 0,45$	$G_H = 0,50$	$G'_H = 0,75$	$G''_H = 0,05$
	$G_{HO_2} = 0$	$G'_{HO_2} = 0,25$	$G''_{HO_2} = 0$
	$G_{-H_2O} = 4,10$	$G'_{-H_2O} = 3,60$	$G''_{-H_2O} = 3,65$

D'après ces calculs on trouve bien que le rendement de décomposition de l'eau est plus grand ($G_{-H_2O} = 4,10$) en présence de solutés capables de capter OH et H et d'empêcher ainsi toute réaction inverse (*a*, *b* ou *c*). D'autre part, en ce qui concerne les expériences déjà examinées ici, nous voyons que les valeurs de G indiquées sur le tableau permettent d'interpréter le rendement de dégagement d'oxygène ($G_{O_2}^{Ce} = G_{H_2O_2} = 1,7$) dans la réduction du cérium en absence d'air [10] ainsi que celui du dégagement d'hydrogène [($G_{H_2}^{Fe} = G''_{H_2} + (1/2)G''_H = 1,825$)]

dans l'oxydation de Fe^{++} en absence d'air [7]. Ces valeurs de G permettent d'interpréter d'autres résultats et certaines différences entre ceux-ci suivant les conditions expérimentales. Nous examinerons ces cas dans une publication ultérieure ainsi que la signification physique de la deuxième zone d'hétérogénéité.

(1) A. O. Allen, *Rad. Res.*, 1, 1954, p. 85.
(2) T. J. Sworski, *J. Amer. Chem. Soc.*, 76, 1954, p. 4687.
(3) J. Pucheault et C. Ferradini, *J. Chim. Phys.*, 54, 1957, p. 659.
(4) M. Haïssinsky, *Discuss. Far. Soc.*, 12, 1952, p. 139.
(5) M. Lefort, *J. Chim. Phys.*, 51, 1954, p. 351.
(6) D. M. Donaldson et N. Miller, *Trans. Far. Soc.*, 52, 1954, p. 652.
(7) M. Lefort, *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 1623.
(8) C. Ferradini et J. Pucheault (sous presse).
(9) M. C. Anta et M. Haïssinsky, *J. Chim. Phys.*, 51, 1954, p. 33.
(10) M. Cottin et M. Lefort, *J. Chim. Phys.*, 52, 1955, p. 545.

(*Laboratoire Curie, Institut du Radium, Paris.*)

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la dissociation du nitrate d'argent dans l'éthanol absolu.* Note (*) de Mme **Marthe Kikindai**, présentée par M. Paul Pascal.

Nous avons étudié la conductibilité du nitrate d'argent en solution dans l'éthanol absolu. Nous avons calculé la constante de dissociation à 25°, à partir des résultats de ces mesures conductimétriques, par la méthode de Fuoss et Kraus établie pour les électrolytes faibles. Nous donnons également les résultats des calculs obtenus par la méthode de Shedlovsky, modification de la précédente, qui donne d'après les auteurs des résultats meilleurs pour les constantes de dissociation comprises entre 10^{-3} et 1.

Nous avons entrepris l'étude de la conductibilité du nitrate d'argent dans l'alcool absolu pour en tirer des renseignements sur les constantes de dissociation de ce sel dans ce solvant, à différentes températures. Dans ce premier travail, effectué à 25° nous nous sommes limités à la comparaison de nos résultats avec ceux de la bibliographie [1].

Nous avons effectué nos mesures avec un conductimètre Philipps en y ajoutant des résistances extérieures quand cela était utile. L'éthanol absolu est obtenu par distillation après traitement de l'alcool absolu commercial par l'éthylate de magnésium. Toutes les manipulations de l'alcool ont été effectuées sous atmosphère d'azote. Les différents lots d'alcool obtenus avaient une conductibilité comprise entre 0,06 et 0,04 $M\Omega^{-1}$. Le nitrate d'argent R. P. utilisé était séché à poids constant. La solution mère était une solution saturée à la température ambiante et dosée. Les concentrations étaient comprises entre $1,3.10^{-1}$ et 2.10^{-4} N.

Nous avons porté sur la figure 1 la conductibilité équivalente en fonction de la racine carrée de la concentration $(100\sqrt{C})$. Aux faibles concentrations la conductibilité équivalente, sensiblement proportionnelle à la racine carrée de

la concentration, permet une détermination approximative de la conductibilité équivalente limite Λ_0, par extrapolation. Nous avons trouvé $\Lambda_0 = 42,5$

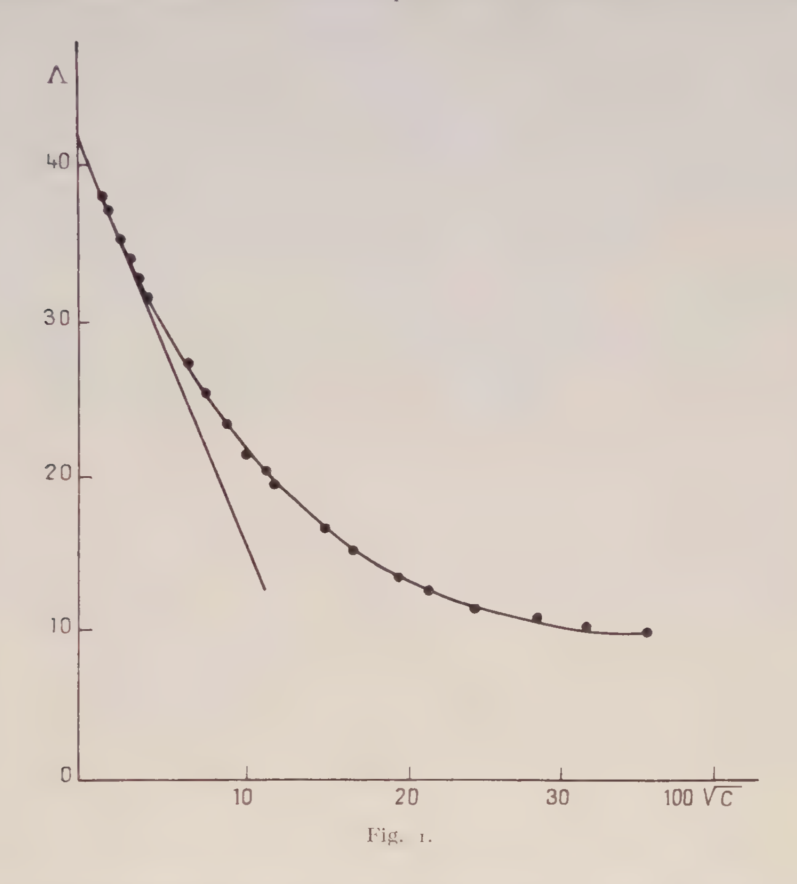


Fig. 1.

à 25°. Nous avons déterminé la pente expérimentale (α_E) et la pente théorique donnée par l'équation de Kohlsraush-Onsager (α_T),

$$\Lambda = \Lambda_0 - (1,256\,\Lambda_0 + 87,8)\sqrt{C}.$$

Nous avons rapproché nos résultats de ceux de Copley ([1]) obtenus pour des concentrations comprises entre 2.10^{-4} et 17.10^{-4} N avec un alcool de même conductibilité que le nôtre.

	Δ_0.	α_E.	α_T.	$100\,\frac{\alpha_E - \alpha_T}{\alpha_T}$.
	42,5	263	141,2	86,2
Copley..............	46,25	336	146	130

Copley estimait que la valeur $\Lambda_0 = 46,2$ devait être trop forte, ainsi que la déviation entre α_T et α_E. Nous trouvons donc des valeurs en meilleur accord avec celles trouvées par Copley pour d'autres sels; cependant contrairement aux prévisions de ces auteurs, notre valeur de Λ_0 est inférieure à celle correspondant au nitrate de lithium.

La comparaison entre α_E et α_T montre une dissociation incomplète et la possibilité d'utiliser l'équation d'Onsager

$$\Lambda = \Lambda_0 - \alpha\sqrt{C} - \frac{\Lambda_0}{K} C$$

en faisant intervenir la constante de dissociation K du nitrate d'argent. Davies à partir des résultats de Copley trouvait K = 0,011 ; nous trouvons par cette méthode K = 0,0045.

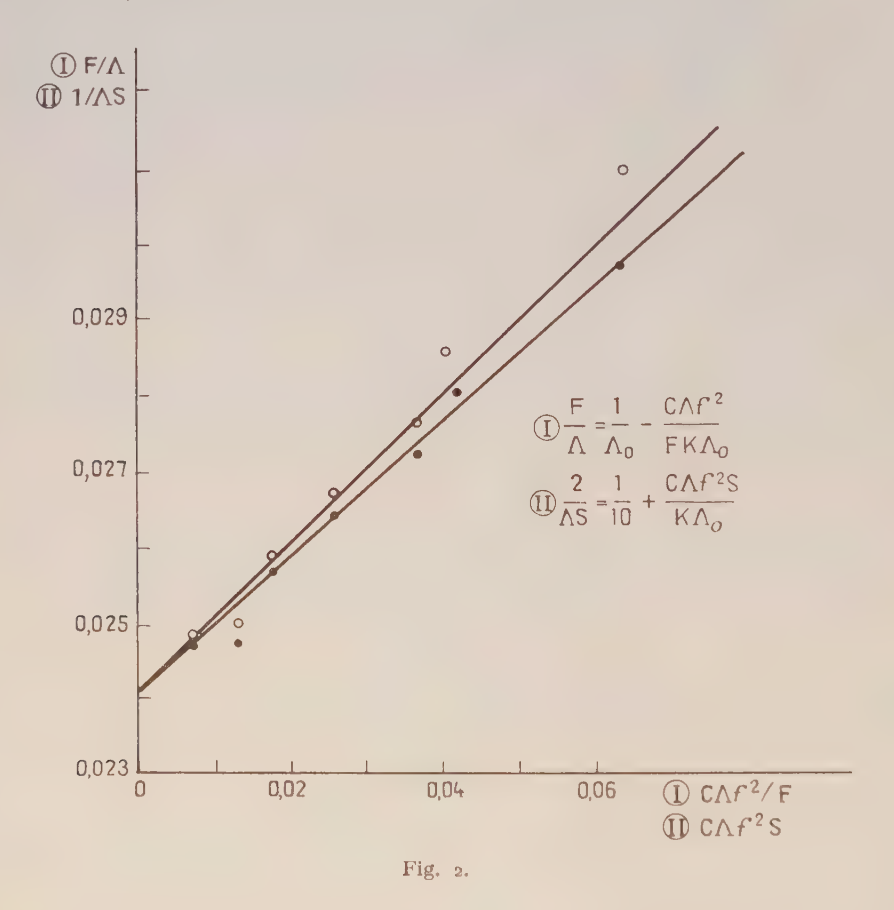


Fig. 2.

Si l'on tient compte du degré de dissociation ionique γ et des coefficients d'activité ionique la constante de dissociation peut être calculée par

$$\Lambda = \gamma(\Lambda_0 - \alpha\sqrt{\gamma C})$$

$$-\log f^2 = 2\beta\sqrt{\gamma C},$$

$$K = f^2\gamma^2 \frac{C}{1-\gamma}.$$

Ce système résolu par Davies par approximations successives donnait $\Lambda_0 = 44,82$ et K = 0,0044. A partir de nos résultats ce même système résolu

par la méthode de Fuoss et Krauss ([2]) nous a donné $\Lambda_0 = 41,42$ et $K = 0,0068$, et par la méthode de Shedlovsky ([3]) $\Lambda_0 = 41,45$ et $K = 0,0060$ (*fig.* 2).

En conclusion nous pensons que la valeur de la constante de dissociation $K = 0,0060$ déterminée par la méthode de Shedlovsky doit être retenue de préférence ($10^{-3} < K < 1$). Elle est différente de la valeur donnée par Davies à partir des résultats de Copley ($K = 0,0044$), différence qui provient à la fois des valeurs plus fortes des conductibilités équivalentes expérimentales trouvées par Copley et d'une précision meilleure que les méthodes de calculs mises au point par Fuoss et Shedlovsky nous ont permis d'obtenir.

(*) Séance du 13 janvier 1958.

([1]) E. D. Copley, D. M. Murray-Rust et H. Hartley, *J. Chem. Soc.*, 2492, 1930; C. W. Davies, *Conductivity of solutions*, London, 1933, p. 118.

([2]) R. M. Fuoss, *J. Amer. chem. Soc.*, 57, 1936, p. 488.

([3]) T. Shedlovsky, *J. Frank. Inst.*, 739, 1938; H. M. Dagget, *J. Amer. Chem. Soc.*, 73, 1951, p. 4977.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Démixtion du mélange liquide : Oxyde de deutérium-deutérophénol.* Note (*) de M. **Robert Cardinaud**, présentée par M. Paul Pascal.

La température critique de dissolution supérieure (que nous désignons par TCDS), croît avec le taux de deutération du système. Cet effet isotopique, déjà observé par Timmermans et Hall ([1]), a été vérifié et les données expérimentales complétées par l'étude d'un système totalement deutéré.

Toutes les mesures ont été faites par observation sous lumière latérale du point de trouble, le thermostat étant stabilisé tous les 5/100e de degré, à température décroissante. Les compositions sont réalisées dans des petits tubes scellés de 5 cm^3 de capacité, contenant, en moyenne, 2 à 3 cm^3 de solution.

L'influence de la pression est suffisamment faible pour qu'on ait pu la négliger. Son effet n'excède pas l'incertitude sur la détermination expérimentale de la température du point de trouble (0,004 degré/kg pour 0 % en deutérium; 0,0047 degré/kg pour 94 % en deutérium) ([1]).

Pureté des corps. — L'eau est distillée deux fois dans un appareil en quartz.

L'oxyde de deutérium a été fourni par le Commissariat à l'Énergie Atomique (composition isotopique : 99,66 %). On l'utilise sans autre traitement qu'une dilution éventuelle avec de l'eau bidistillée.

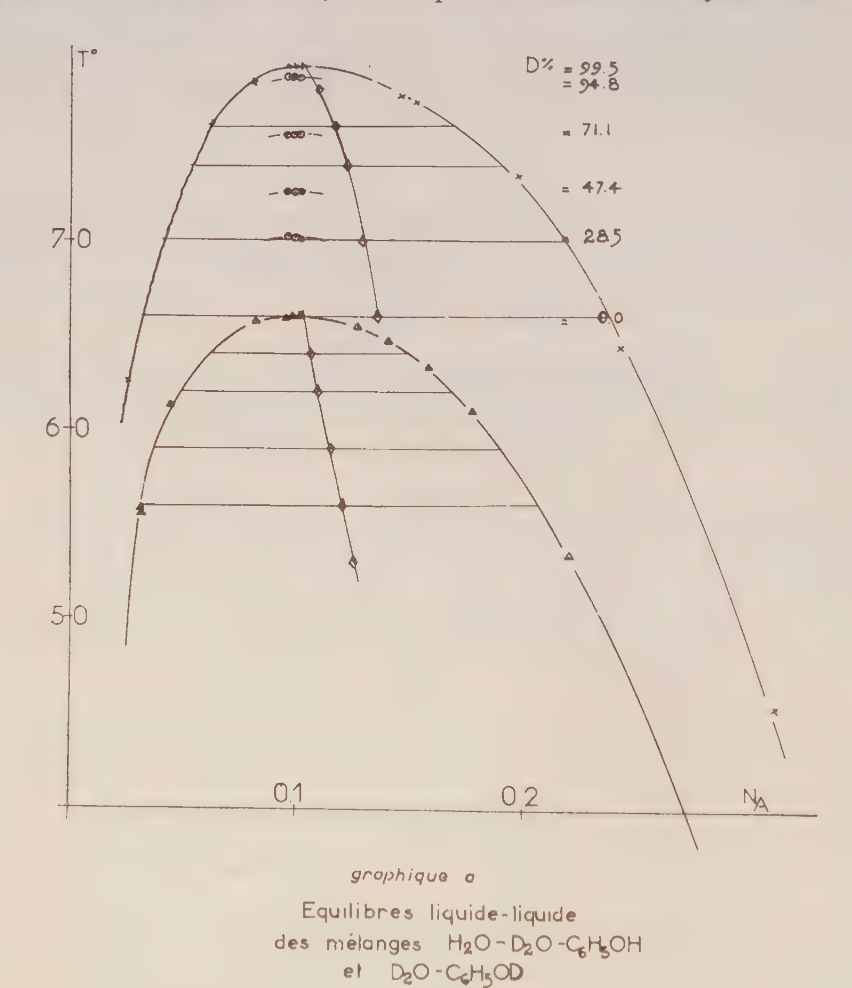
Le phénol est distillé deux fois sous pression réduite, dans une petite colonne et conservé en ampoules scellées jusqu'à l'emploi.

Le deutérophénol a été préparé par échanges successifs. L'analyse de

l'eau de la dernière opération d'échange donne une composition isotopique de 99,5 % pour le deutérophénol, compte tenu du coefficient d'échange isotopique pris égal à 1,10 ([2]). La purification par distillation sous pression réduite permet de ne pas deutérer les positions nucléaires.

Remarque sur les compositions isotopiques. — Seuls les mélanges réalisés avec des produits à 0 % ou 100 % en deutérium ont une composition isotopique constante tout le long de la courbe de démixtion. Nous n'avons pas cherché à tracer la courbe complète des systèmes partiellement deutérés.

Résultats expérimentaux. — La courbe du système bien connu eau-phénol a été tracée au-dessus de 50°, ainsi que la courbe du système deutéro-



graphique a

Equilibres liquide-liquide
des mélanges $H_2O-D_2O-C_6H_5OH$
et $D_2O-C_6H_5OD$

phénol-oxyde de deutérium. Pour les systèmes isotopiques intermédiaires, la TCDS a été déterminée en réalisant des compositions aussi voisines que possible de la composition critique. La notation N_A a été adoptée

pour désigner la fraction molaire du phénol. L'ensemble des résultats apparaît dans le tableau et sur le graphique *a* qui donne la température du point de trouble en fonction des fractions molaires pour six compositions isotopiques différentes. La fraction molaire critique a été déterminée graphiquement pour les deux compositions isotopiques extrêmes : 0 et 99,5 %.

Systèmes eau-phénol et deutérophénol-oxyde de deutérium.

D (%).	N_A.	T° du point de démixtion.	N_A.	T° du point de démixtion.	N_A	T° du point de démixtion.
0,00	0,295	51,3	0,221	53,6	0,178	61,2
	0,160	63,5	0,140	64,9	0,133	65,7
	0,101	66,1	0,097	66,2	0,096	66,1
	0,083	66,0	0,044	62,5	0,032	56,0
28,5	0,098	70,10	0,095	70,10	0,099	70,0
47,4	0,098	72,50	0,095	72,60	0,101	72,50
71,1	0,098	75,60	0,095	75,60	0,101	75,60
94,8	0,098	78,60	0,095	78,70	0,101	78,60
99,5	0,417	–	0,310	45,40	0,339	64,40
	0,197	73,40	0,172	75,30	0,152	77,30
	0,146	77,60	0,097	79,20	0,094	79,20
	0,100	79,20	0,092	78,60	0,079	78,40
	0,065	–	0,062	76,20	0,025	62,60

L'effet isotopique se manifeste par l'élévation de la TCDS en fonction de la composition isotopique. Pour un système 99,5 %, la variation positive mesurée est de 13,0 $\pm$ 0°,1 et la fonction $T_c = f$ (D %) est pratiquement linéaire.

(*) Séance du 13 janvier 1958.

(1) J. Timmermans et G. Poppe, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 524.

(2) Ingold, Raisin et Wilson, *J. Chem. Soc. London*, 1936, p. 1637.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectre infrarouge et structure de l'histone.*

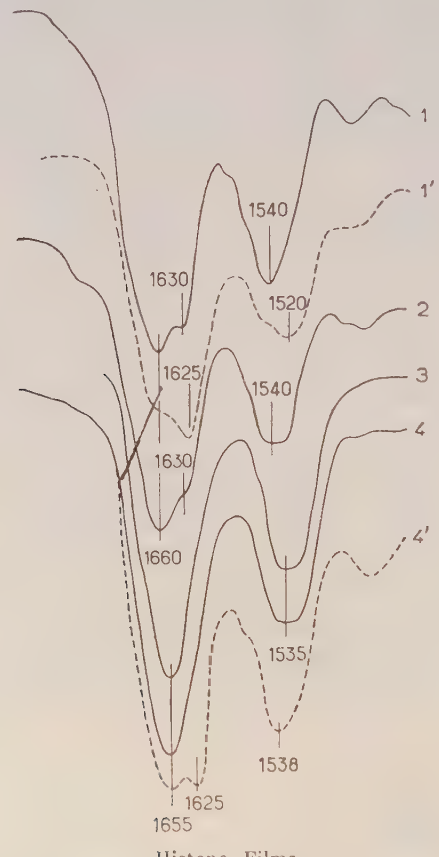
Note de M[lle] **Christiane de Lozé**, présentée par M. Louis Hackspill.

Nous avons étudié des échantillons d'histone préparés, à partir du thymus de Veau, par trois méthodes différentes : la première est celle de Grégoire et Limozin (1) (histone *a*), la seconde est celle de Crampton, Moore et Stein (2) (histone *b*). Le troisième procédé consiste à extraire tout d'abord la nucléohistone par la méthode de Crampton, Lipshitz et Chargaff (3), puis à précipiter l'acide nucléique par l'acide chlorhydrique N/10. On

lyophylise la solution surnageante qui contient l'histone (histone *c*). Nous avons également utilisé une histone préparée au Département de Physique de Kings' College (London) par le même procédé (histone *d*).

Les échantillons ont été examinés à l'état de films.

Les courbes comportent une absorption très forte dans la région de 1650 cm^{-1}, qui varie suivant les échantillons.



Histone. Films.

1. Histone *a*; 1'. Histone *a* + xylène sulfonate de sodium 7,5 %.
2. » *b*.
3. » *c*.
4. » *d*; 4'. Histone *d* + xylène sulfonate de sodium 7,5 %.

L'histone *a* présente une bande forte à 1660 cm^{-1} et une bande presque aussi forte à 1630 cm^{-1} (courbe 1). L'histone *b* possède également deux bandes à 1660 et 1630 cm^{-1}, mais cette dernière est moins intense que dans l'histone *a* (courbe 2). Les histones *c* et *d* présentent une seule bande à 1660 cm^{-1}.

Les bandes de cette région correspondent, dans le cas des protéines, à la bande dite bande amide I de la liaison peptidique. Elle est située vers 1650 ou 1625 cm^{-1} selon que la protéine est en forme α ou β.

Les histones *c* et *d*, qui présentent une seule bande à 1655 cm^{-1}, correspondent donc à une histone totalement en forme α. Par contre, dans les histones *a* et *b*, qui présentent deux bandes, il existe sans doute un mélange des deux formes, avec prédominance de forme α. La présence de forme β dans les protéines est généralement en relation avec une dénaturation plus ou moins grande. Il semble donc que, parmi les différentes techniques utilisées pour préparer l'histone, la plus favorable soit la troisième technique décrite, bien qu'elle nécessite un important changement de pH.

Ces résultats sont confirmés par les modifications spectrales que subit l'histone après action du xylène sulfonate de sodium : cet agent dénaturant fait apparaître la bande 1625 cm^{-1} caractéristique de la structure β (histone *c* et *d* : courbe 4′), ou augmente son intensité lorsqu'elle existe préalablement dans le spectre (histone *a* et *b* : courbe 3′).

L'histone convenablement extraite présente donc les caractéristiques spectrales de la structure α. L'histone isolée par le procédé de Grégoire et Limozin est généralement séparée en plusieurs fractions. Il est possible que ces fractions correspondent à différents degrés de dénaturation d'une même protéine et non à des protéines distinctes.

(1) E. J. Grégoire et M. Limozin, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 36, 1954, p. 15.
(2) C. F. Crampton, S. Moore et W. H. Stein, *J. Biol. Chem.*, 215, 1955, p. 787.
(3) C. F. Crampton, R. Lipshitz et E. Chargaff, *J. Biol. Chem.*, 206, 1954, p. 499.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur quelques propriétés cinétiques et structurales de la carburation d'un fer pur*. Note (*) de MM. **Gaston Collette**, **Paul Gendrel** et **Léon Jacqué**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Une étude comparative réalisée avec des éprouvettes de fer de compositions chimiques initiales différentes met en évidence certaines propriétés d'un fer de grande pureté.

L'étude cinétique de la réaction de carburation dans la phase austénitique d'un échantillon de fer soumis à l'action carburante isotherme d'une atmosphère méthane-hydrogène, effectuée par une méthode thermogravimétrique déjà décrite [1] et réalisée avec un fer technique, avait montré que la vitesse de réaction était d'ordre zéro par rapport au carbone en solution [2].

Des expériences ont été reprises dans les mêmes conditions avec trois types d'échantillons :

A. Fer technique (épaisseur : 0,2 mm), analogue à celui précédemment utilisé, et de composition : C = 0,03 % ; P = 0,006 % ; S = 0,009 % ; Cu = 0,105 % ; Mn = 0,042 % ; Ni = 0,08 % ; O_2 = 0,038 %.

B. Fer beaucoup plus pur (épaisseur 0,2 mm), de composition :

$C \leq 0{,}0025\,\%$; $Si \leq 0{,}001\,\%$; $P \leq 0{,}002\,\%$; $S = 0{,}002\,\%$; $Cu \leq 0{,}0002\,\%$; $Mn \leq 0{,}0005\,\%$; $Ni = 0{,}014\,\%$; $O_2 = 0{,}0036\,\%$.

C. Fer identique à *B* (épaisseur : 0,5 mm) sauf pour la teneur accrue en oxygène (0,065 %).

L'examen des courbes de variation de masse en fonction du temps, révèle que, pour le métal *B*, la vitesse de carburation peut être considérée avec une bonne approximation comme une fonction linéaire du taux de carbone de l'éprouvette. Si c est cette concentration à l'instant t, la vitesse dc/dt peut s'exprimer par

$$\frac{dc}{dt} = k(c_0 - c),$$

c_0 étant la concentration pour laquelle dc/dt prend une valeur nulle, et k une constante caractéristique des conditions expérimentales. Par contre, la vitesse de carburation du fer *C* prend une valeur indépendante de la concentration et voisine de celle du fer *A* traité dans les mêmes conditions, ce qui met en évidence l'action de l'oxygène sur la cinétique de la réaction.

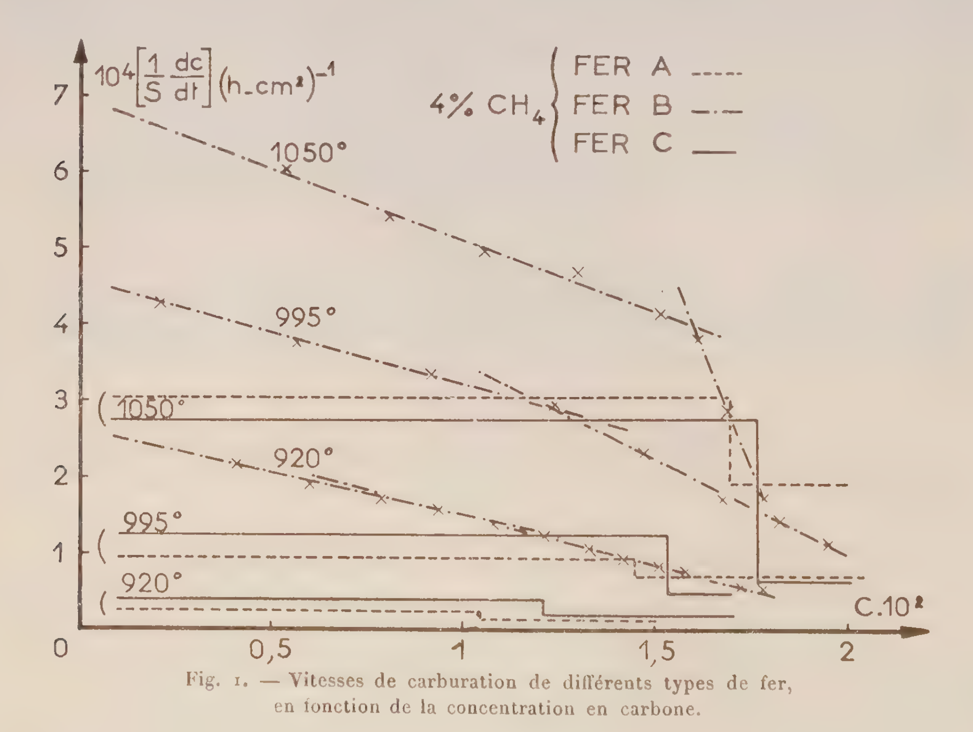


Fig. 1. — Vitesses de carburation de différents types de fer, en fonction de la concentration en carbone.

Sur la figure 1 sont portées les vitesses relatives aux trois types précités, exprimées en variations de concentration par heure, rapportées au centimètre carré de surface, en fonction du taux de carbone, pour différentes températures de traitement. On peut remarquer, d'une part, que le fer *B* se carbure beaucoup plus vite que les fers *A* et *C* et, d'autre part, que la discontinuité de

vitesse observée pour une valeur c_γ de c sur les isothermes de carburation de ces fers A et C se traduit par une variation de la constante de vitesse k sur la courbe relative au métal B.

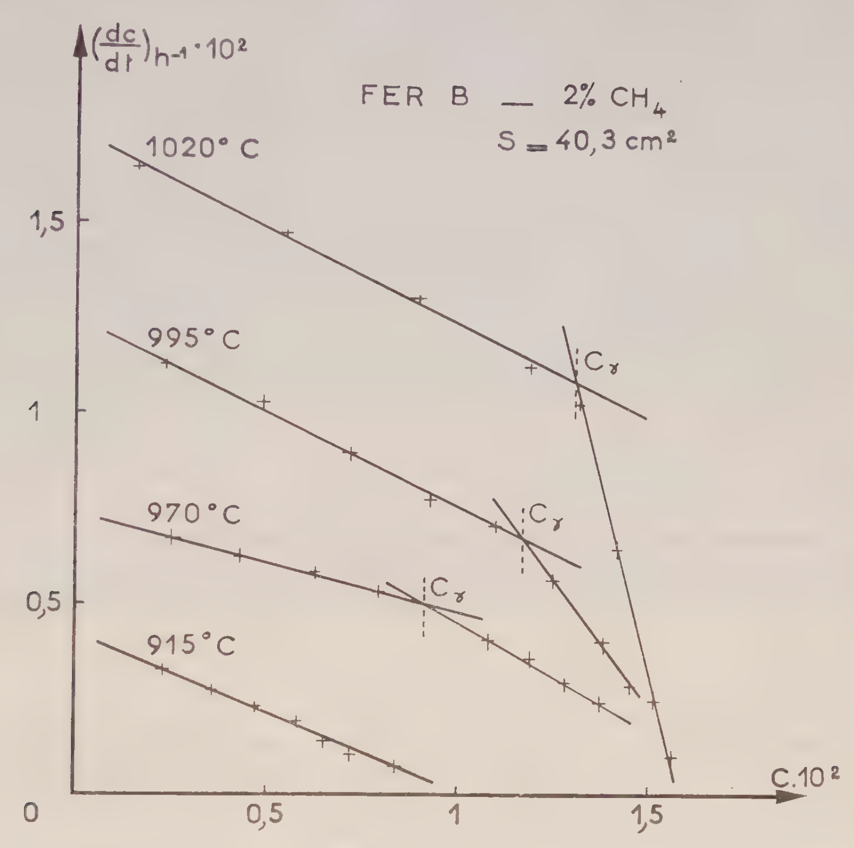


Fig. 2. — Vitesses de carburation d'un fer pur, en fonction de la concentration en carbone pour différentes températures.

Conformément à l'hypothèse antérieurement avancée ([3]), le réseau d'isothermes $dc/dt = f(c)$ relatif à un fer de qualité donnée, permet de fixer la limite de solubilité maximum du carbone dans l'austénite. La figure 2, obtenue avec le fer B, carburé dans un mélange à 2 % en volume de méthane, montre que la détermination de c_γ peut être obtenue avec une bonne approximation, au moins avec des compositions du mélange gazeux adaptées aux conditions de températures. Quelques recoupements satisfaisants ont été obtenus par décarburation.

Par ailleurs, des essais de cémentation poussée ont été réalisés dans une atmosphère très carburante avec 20 et 50 % de méthane pour des températures comprises entre 780 et 820°C.

Les échantillons ainsi traités, observés après refroidissement lent de l'ordre de 5 degrés par minute, présentent les structures suivantes :

— *avec le fer A*, précipitation abondante de cristaux de cémentite primaire aux joints des grains d'une structure perlitique fine;

— *avec le fer B*, structure eutectoïde, aussi longue que soit l'action des gaz carburants; la concentration moyenne en carbone est de 0,78 %;

— *avec le fer C*, précipitation de cémentite primaire aux joints des grains, bordée de ferrite sur fond de perlite. Cette structure est celle des aciers anormaux, au sens de la méthode d'essai de Mc. Quaid-Ehn ([4]).

On observe, dans les trois cas, une couche de graphite en surface des éprouvettes.

L'ensemble de ces résultats paraît confirmer le rôle joué par certaines impuretés, dont l'oxygène, même à l'état de traces relativement faibles, à la fois dans le mécanisme de la carburation de l'austénite et dans le processus de précipitation des carbures.

Notre expérimentation porte actuellement sur le rôle sélectif de différents éléments d'addition.

(*) Séance du 23 décembre 1957.

([1]) L. Beaujard, G. Collette et L. Jacqué, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1388.

([2]) G. Collette et L. Jacqué, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 968.

([3]) G. Collette et L. Jacqué, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1267.

([4]) G. L. Kehl, *The Principles of Metallographic Laboratory Practice*, 1949, p. 303 et 304.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Étude d'une réaction entre deux phases solides, la préparation du titanate de baryum.* Note de MM. **Pierre Turlier**, **Lucien Eyraud**, **Charles Eyraud** et **Marcel Prettre**, présentée par M. Paul Pascal.

La synthèse du titanate $BaTiO_3$ par calcination dans l'air d'un mélange équimoléculaire ($BaCO_3$-TiO_2) constitue un cas particulièrement intéressant de réaction solide-solide étant données les nombreuses recherches déjà suscitées. Les travaux de Keler et Kuznetsov ([1]) et de Trzebiatowski et collaborateurs ([2]) ont montré que l'analyse thermique différentielle était une méthode suffisamment sensible pour déceler l'évolution énergétique du système. Nous avons cherché à associer cette technique à la thermogravimétrie et à l'analyse par diffraction X, afin d'interpréter plus sûrement les phénomènes observés.

La thermogravimétrie paraît susceptible de définir avec précision l'état d'avancement de la réaction. En l'absence d'oxyde TiO_2, le carbonate $BaCO_3$ subit dans l'air à 1000° C une décomposition thermique très lente. Mais la vitesse de cette réaction, de l'ordre de 0,5 % à l'heure, est négligeable devant la vitesse de réaction entre $BaCO_3$ et TiO_2, quantitative en 30 mn

dans les mêmes conditions. D'autre part, la vitesse de décomposition thermique du carbonate $BaCO_3$ n'est aucunement modifiée par l'addition de 1,5 % d'oxyde TiO_2. Il n'y a donc pas lieu de craindre sa décomposition catalytique du fait de la présence d'oxyde de titane. Enfin, les composés $BaCO_3$ et TiO_2 réagissent, même sous 200 mm d'anhydride carbonique. Ce gaz n'exerce donc pas un effet inhibiteur prononcé sur la réaction qui l'engendre.

La vitesse de réaction dépend avant tout autre facteur de la surface de contact entre réactifs solides. Aussi nos efforts ont-ils porté sur l'examen de ce paramètre. L'état de division déjà poussé de chacun des réactifs n'a pu être fortement accru par broyage. L'oxyde titanique s'obtient aisément en grains d'un diamètre moyen de 10^{-3} à 10^{-4} mm dont le broyage ne réduit plus la taille. Le carbonate de baryum se présente sous formes d'aiguilles d'une longueur d'environ 10^{-2} mm qu'un broyage prolongé ne ramène qu'à quelques microns. Mais un traitement prolongé au broyeur d'un mélange de ces deux solides accroît de 25 % la densité apparente de la poudre. Au bout de ce traitement, le microscope électronique révèle que chaque grain de carbonate de baryum est entouré d'une multitude de petites sphères d'oxyde de titane. Ainsi, par la durée du malaxage, nous disposons d'une méthode efficace pour accroître l'interface réactionnelle.

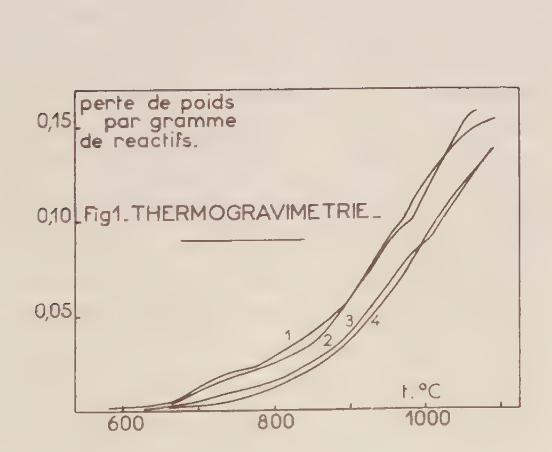


Fig1. THERMOGRAVIMETRIE

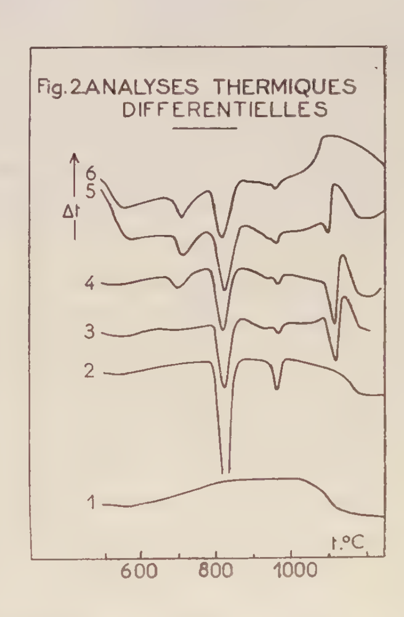


Fig. 2 ANALYSES THERMIQUES DIFFERENTIELLES

La thermogravimétrie et l'analyse thermique différentielle nous ont permis d'étudier l'influence de ce paramètre. La figure 1 reproduit des enregistrements thermogravimétriques obtenus avec une montée linéaire de température de 10°/mn. Les courbes sont relatives à des échantillons

d'un même mélange équimoléculaire malaxé respectivement durant 1, 4, 12 et 20 h. On peut noter que, d'une façon générale, l'accroissement de l'interface augmente la vitesse réactionnelle, ce que nous avons vérifié par des thermogravimétries isothermes à 850° C. De plus, surtout pour les produits les plus intimement mélangés, les courbes ne sont pas régulières et laissent soupçonner la complexité des phénomènes étudiés.

La figure 2 reproduit quelques diagrammes d'analyse thermique différentielle obtenus, comme ci-dessus, avec une montée linéaire de température de 10°/mn pour les mêmes produits et dans des conditions analogues. Les courbes 1 et 2 concernent les réactifs pris isolément. La courbe 1 ne révèle aucun changement d'état pour l'oxyde de titane. Sur la courbe 2, par contre, s'observent les transformations $\beta \rightarrow \alpha$ et $\gamma \rightarrow \beta$ pour le carbonate de baryum [3]. Les courbes 3, 4, 5 et 6 concernent les mélanges broyés respectivement 1, 4, 12 et 20 h. On observe sur ces quatre courbes les pics à 810 et 980° C. Ils sont réversibles et correspondent aux transformations structurales du carbonate de baryum n'ayant pas réagi. Leur aire, rapportée à 1 g de carbonate de baryum n'ayant pas réagi, est sensiblement la même pour les courbes 3, 4, 5 et 6, et pour la courbe 2. L'énergie dégagée à 810 et 980° C semble donc être principalement attribuable aux transformations structurales du carbonate de baryum.

Par contre, un pic à 715° C apparaît sur la courbe 4, puis augmente avec la durée du malaxage. L'hypothèse d'une transformation structurale « prématurée » de $BaCO_3$-μ en $BaCO_3$-β ne peut guère être retenue. En effet, on devrait admettre que l'énergie de transformation correspond à la somme des aires des pics à 715 et 810° C, compte tenu du taux de réaction. Or, il n'en est rien. En arrêtant la chauffe vers 750° C, refroidissant, puis reprenant la montée de température, on montre que ce pic à 715° est irréversible. D'autre part, il correspond à un point d'inflexion des courbes 3, 4 de la figure 1. Il est donc très probable qu'il corresponde à une réaction chimique entre les composés $BaCO_3$ et TiO_2, dégageant du gaz carbonique. On remarquera que 715° n'est pas très éloigné des températures de Tamman pour $BaCO_3$ (733) et pour TiO_2 (683).

De même, un faible pic à 950° précède la transformation à 980°. La cause de l'augmentation de réactivité à cette température reste aussi incertaine que dans le cas du pic précédent. Nous avons cherché en vain à mettre en évidence un phénomène analogue dans la réaction pour le système analogue $SrCO_3$ et TiO_2. Dans ce cas, la courbe thermogravimétrique est régulière et son point d'inflexion, donc le maximum de vitesse réactionnelle, correspond exactement au point de transformation à 910° du carbonate de strontium [3], conformément à la règle d'Hedvall [4].

Les phénomènes apparaissant à partir de 1100° C sont difficiles à interpréter. En effet, le pic endothermique à 1100°, déjà mis en évidence par

de nombreux auteurs ([1]), ([2]) et qui apparaît nettement sur la courbe 3, puis disparaît progressivement sur les courbes 4, 5 et 6, n'est pas attribuable à la réaction chimique dégageant du gaz carbonique, car son aire maximum est incompatible avec la faible quantité de réactif résiduel. Il est difficilement attribuable à une autre réaction chimique car la microscopie électronique et l'analyse aux rayons X ne donnent aucune différence sur les produits pris avant et après le pic. Il semble que l'effet apparemment exothermique vers 1150° puisse être attribué au frittage, ce qui correspond à peu près aux études de la synthèse du composé $BaTiO_3$ par la méthode d'émanation ([6]).

([1]) E. K. KELER et KUZNETZOV, *Doklady Akad. Nauk. S. S. S. R.*, 88, 1953, p. 1031.
([2]) W. TRZEBIATOWSKI, J. WOJCIECHOWSKA et J. DAMM, *Roczniki Chem.*, 26, 1952, p. 12.
([3]) J. J. LANDER, *J. Chem. Phys.*, 17, 1949, p. 892.
([4]) J. A. HEDVALL, *Einfuhrung in die Festkörperchemie*, 1952, p. 194.
([5]) K. K. KELLEY, S. S. TODD et E. G. KING, *U. S. Bur. Mines Rept. Invest.*, 5059, 1954, p. 37.
([6]) H. KAISER, *Z. Elektroch.*, 58, 1954, p. 601.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Étude du vieillissement du fer pur, par mesure de résistivité aux très basses températures.* Note de MM. **BERNARD MIGAUD** et **MICHEL WINTENBERGER**, présentée par M. Georges Chaudron.

La résistivité électrique aux basses températures s'est montrée, dans nos expériences, très sensible à la présence de carbone dissous dans le fer α; on peut donc suivre la précipitation du carbone à partir d'une solution solide sursaturée. Par vieillissement à des températures inférieures à 100° C, l'état de précipitation du carbone a une influence importante sur la résistivité électrique.

Un travail précédent avait montré l'influence sur les propriétés mécaniques de la quantité de carbone pouvant précipiter de la solution solide de fer α, pendant un vieillissement après déformation ([1]), ([2]). La mesure du rapport $\rho = R_H/R_N$ des résistivités aux températures de l'hydrogène et de l'azote liquides, permet également de suivre ce même phénomène.

Nos expériences ont été réalisées sur des bandes de fer pur électrolytique de $200 \times 2,5 \times 0,15$ mm, dans lequel nous avons introduit environ 0,040 % de carbone. Des recuits à différentes températures suivis d'une trempe à l'eau permettent de faire varier la teneur en carbone maintenu en sursaturation. La figure 1 montre qu'il existe, approximativement, une relation linéaire entre ρ et cette teneur. L'ordonnée à l'origine de la droite est assez voisine de la valeur 0,125 que donne le fer pur électrolytique recuit et lentement refroidi; nous savons que, dans ces conditions, ce fer ne présente aucun phénomène de vieillissement ([1]). Nous considé-

rerons alors que $\rho = 0,125$ est la valeur que donnerait un fer pur électrolytique ne contenant pas de carbone dissous.

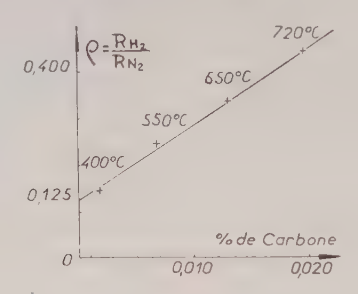


Fig. 1. — Influence, sur la résistivité, du carbone dissous juste après trempe.

Les carbures qui, dans ces expériences, se sont formés pendant le recuit qui précède la trempe, n'ont donc que très peu d'influence sur la résistivité électrique; d'ailleurs, ils n'intervenaient pas sensiblement dans l'évolution des propriétés mécaniques pendant le vieillissement.

Ainsi, la résistivité électrique permet de suivre la concentration en carbone dissous pendant le vieillissement.

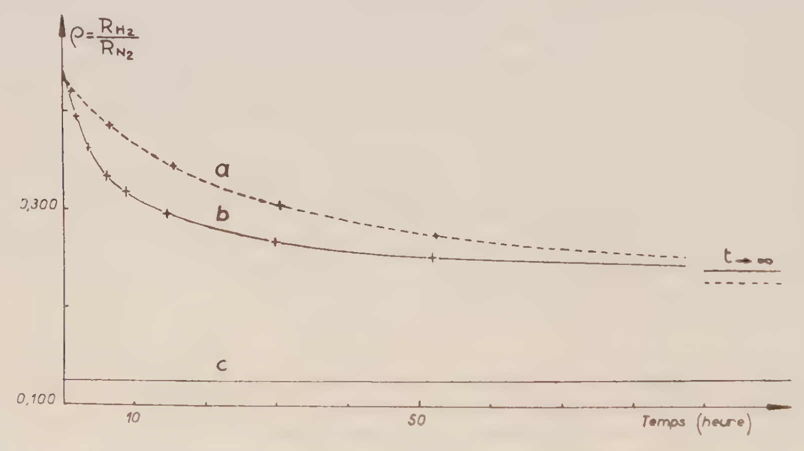


Fig. 2. — Variation de la résistivité pendant le vieillissement à 67° C.

a. Fer pur électrolytique carburé à 0,040 % trempé à 720° C.
b. Fer pur électrolytique carburé à 0,040 % trempé à 720° C et écroui de 4 %.
c. Fer pur électrolytique, recuit et refroidi lentement.

La figure 2 montre la variation de ρ au cours d'un vieillissement à 67° C, pour deux éprouvettes trempées à 720° C, l'une ayant été allongée de 4 % après la trempe. La diminution de la résistivité est plus rapide pour l'éprouvette déformée, en accord avec l'hypothèse de Cottrell et Bilby, selon laquelle les atomes de carbone sont attirés par les dislocations ([3]). D'autre part, l'amplitude de la variation de ρ, 0,201 et 0,193, pendant le vieillissement est comparable pour les deux échantillons.

Le fait important montré par ces courbes est la forte résistivité, nettement supérieure à celle du fer pur, qu'on obtient après un temps très long à 67° C. Nous avons précisé ceci en suivant le vieillissement sur des

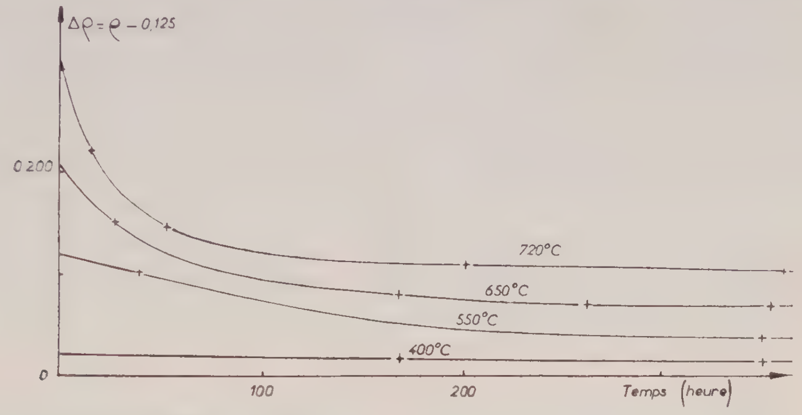


Fig. 3. — Vieillissement à 67° C après des trempes à différentes températures.

échantillons trempés à différentes températures (*fig.* 3). L'excès de résistivité, après un temps très long (ρ^{∞} — 0,125), augmente linéairement avec la quantité initiale de carbone dissous qui a précipité (*fig.* 4).

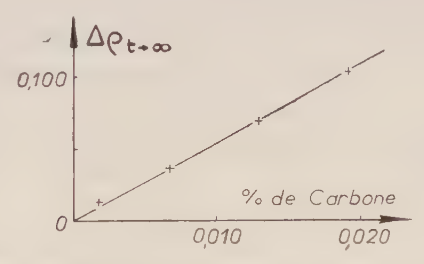


Fig. 4. — Influence de la quantité de carbone précipité sur l'excès final de résistivité.

Nous pensons que, dans ces conditions, la précipitation du carbone se présente sous une forme suffisamment diffuse qui peut agir fortement sur la résistivité électrique et sur les propriétés mécaniques.

Il est possible de faire évoluer, à des températures assez basses, les précipités obtenus après le vieillissement à 67° C. La figure 5 représente des courbes de traction effectuées sur des éprouvettes trempées à 720° C et écrouies de 3,5 %; toutes ont subi un premier vieillissement de 24 h à 67° C; l'éprouvette (*a*) a été tractionnée après ce traitement; les autres, *b*, *c*, *d* et *e*, après un recuit supplémentaire de 24 h à 108, 150, 200 et 300° C. La grandeur Δ, précédemment définie ([1]), est respectivement de 71, 58, 50, 12 et 0 %.

Les mesures de résistivité donnent des résultats analogues. En fin de

vieillissement à 67° C, l'échantillon trempé à 720° donnait $\rho = 0,227$; après 24 h à 200° C, cette valeur est abaissée à 0,146, puis à 0,135 par un nouveau recuit de 24 h à 300° C.

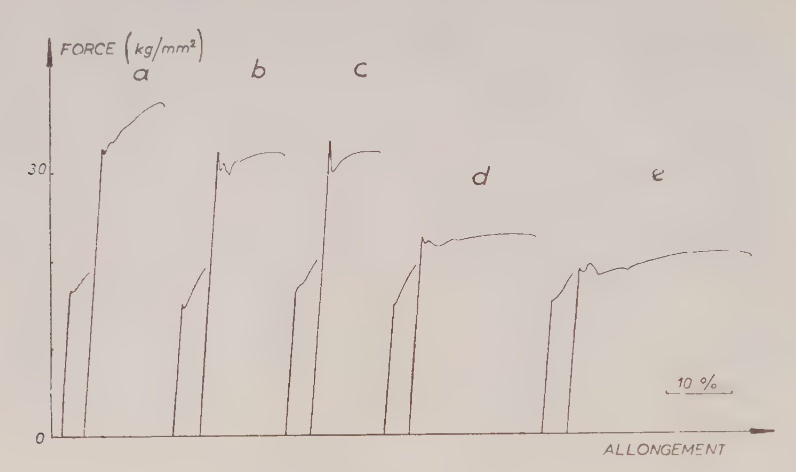


Fig. 5. — Influence sur les propriétés mécaniques d'un recuit, après un vieillissement de 24 h à 67° C.

En conclusion, par mesure de résistivité électrique aux très basses températures, nous avons précisé les résultats déjà obtenus par l'étude des propriétés mécaniques pendant le vieillissement du fer α. Dans ces conditions, nous avons mis en évidence la forme particulière de la précipitation des atomes de carbone dissous, et montré que, par des recuits au-dessous de 200° C, ces précipités évoluent et perdent rapidement leur influence sur les propriétés mécaniques et la résistivité.

(1) B. Migaud et J. Talbot, *Comptes rendus*, **244**, 1957, p. 1771.
(2) B. Migaud et J. Talbot, *Comptes rendus*, **245**, 1957, p. 2282.
(3) A. H. Cottrell et B. A. Bilby, *Proc. Phys. Soc.* A, **62**, 1949, p. 49.

(*Laboratoire de Vitry du C. N. R. S.*)

CHIMIE MACROMOLÉCULAIRE. — *Préparation et polycondensation d'un aminoacide éthylénique : le* N-(ω-*undécènyl*) *amino*-11 *undécanoïque*. Note de MM. **Georges Champetier, Bernard Chauvel** et **Michel Lavalou**, présentée par M. Charles Dufraisse.

L'undécènamine $CH_2{=}CH{-}(CH_2)_9{-}NH_2$ réagit sur le bromo-11 undécanoïque pour donner l'aminoacide $CH_2{=}CH{-}(CH_2)_9{-}NH{-}(CH_2)_{10}{-}CO_2H$. Par chauffage à 210°, en atmosphère inerte, cet aminoacide se polycondense en formant un polyamide porteur de chaînes latérales insaturées.

Afin d'obtenir des polyamides présentant des chaînes latérales réactives

nous avons entrepris, d'une manière générale, l'étude de l'action des amines primaires, portant des groupements fonctionnels divers, sur le bromo-11 undécanoïque. La polycondensation des amino-11 undécanoïques N-substitués ainsi obtenus, a permis de préparer des polyundécanamides portant des fonctions alcool, des liaisons éthyléniques ou des noyaux aromatiques latéraux [1]. Toutefois les conditions de la polycondensation (température supérieure à 200°) conduisent dans le cas des dérivés hydroxylés [2] à des polymères réticulés, même pour des durées de réaction relativement courtes (1 à 2 h). De même, le N-allyl amino-11 undécanoïque ne permet pas de préparer un polyundécanamide à chaîne latérale éthylénique [3], car la double liaison allylique donne également une réticulation trop rapide à la température de polycondensation. Nous avons constaté qu'il n'en est pas de même si, dans la chaîne non saturée substituée sur l'azote de l'amino-11 undécanoïque, la double liaison est suffisamment éloignée de l'azote.

Préparation de l'undécènamine. — Le sel d'ammonium de l'undécène-10 oïque a été préparé par action de l'ammoniac sur l'acide fondu. La déshydratation de ce sel à température croissante (de 100 à 250°) permet de passer à l'amide, puis au nitrile avec de bons rendements (80 à 90 %).

La réduction de l'amide et du nitrile en undécènamine par l'hydrure d'aluminium et de lithium s'effectue avec des rendements respectifs de 60 et 90 %, calculés à partir des produits réductibles.

$$CH_2{=}CH{-}(CH_2)_8{-}CO{-}OH \xrightarrow{+NH_3} CH_2{=}CH{-}(CH_2)_8{-}COONH_4 \xrightarrow{-H_2O} CH_2{=}CH{-}(CH_2)_8{-}CONH_2$$

$$CH_2{=}CH{-}(CH_2)_8{-}CONH_2 \xrightarrow{LiAlH_4} CH_2{=}CH{-}(CH_2)_9{-}NH_2$$

$$CH_2{=}CH{-}(CH_2)_8{-}CONH_2 \xrightarrow{-H_2O} CH_2{=}CH{-}(CH_2)_8{-}C{\equiv}N$$

$$CH_2{=}CH{-}(CH_2)_9{-}NH_2 \xleftarrow{LiAlH_4} CH_2{=}CH{-}(CH_2)_8{-}C{\equiv}N$$

L'undécènamine a été caractérisée par son dérivé benzoylé F 43°,5-44°,5 (bain d'acide) [4]. Elle fixe très rapidement le gaz carbonique de l'air et doit être conservée en atmosphère d'azote.

Préparation du N-(ω-undécènyl) amino-11 undécanoïque. — L'amine éthylénique en excès (3,3 moles) réagit sur le bromo-11 undécanoïque (1 mole), sous courant d'azote, à 80°.

$$CH_2{=}CH{-}(CH_2)_9{-}NH_2 + Br{-}(CH_2)_{10}{-}CO_2H$$
$$\rightarrow CH_2{=}CH{-}(CH_2)_9{-}NH{-}(CH_2)_{10}{-}CO_2H + HBr$$

Le produit de la réaction est repris, à chaud, par un mélange, en parties égales, d'eau, d'alcool et d'éther. La cristallisation à 0° fournit 80 % d'aminoacide éthylénique F 105° (bloc Maquenne). Ce produit est purifié par cristallisation dans l'alcool aqueux, puis sublimation sous vide (120° sous 0,01 mm de mercure). Le N-(ω-undécènyl) amino-11 undécanoïque F 120-121° (bloc Maquenne) peut présenter un premier point de fusion à 102-103°.

Analyse : $C_{22}H_{43}O_2N$, calculé %, C 74,73; H 12,26; O 9,05; N 3,96; trouvé %, C 75,21; H 12,28; O 9,21; N 4,11.

L'insaturation a été déterminée par bromatométrie ([5]). Les résultats obtenus coïncident avec les valeurs théoriques, aux erreurs d'expériences près (± 2 %).

Polycondensation. — La polycondensation du N-(ω-undécènyl) amino-11 undécanoïque en N-ω-undécènyl-polyundécanamide s'effectue par chauffage à 210° sous courant d'azote

$$n\,\underset{\displaystyle (CH_2)_9-CH{=}CH_2}{\underset{|}{HN}}-(CH_2)_{10}-CO_2H \rightarrow H-\left[\underset{\displaystyle (CH_2)_9-CH{=}CH_2}{\underset{|}{N}}-(CH_2)_{10}-CO-\right]_n-OH+(n-1)\,H_2O$$

Après 20 h de chauffage à cette température, le degré de polymérisation moyen en nombre, déterminé par dosage conductimétrique des groupements terminaux, est de 17. Cette valeur, relativement faible, est normale pour un amino-11 undécanoïque N-substitué ([1]). Le polyamide obtenu est une résine visqueuse, incolore, soluble dans l'alcool, mais donnant cependant quelquefois des dispersions plus ou moins troubles; son aspect est analogue à celui de ses homologues saturés (N-*n*-hexyl-polyundécanamide, par exemple).

La polycondensation, effectuée à 255°, donne des gels élastiques insolubles dans l'alcool ou l'acide formique, même à chaud. Ces polymères sont homogènes et ne présentent pas de bulles incluses dans la masse, ce qui montre que la polycondensation est pratiquement terminée au moment de la gélification.

La température de polycondensation étant trop élevée, il n'a pas été possible de mettre en évidence une action des catalyseurs ou des inhibiteurs classiques de polymérisation, sur la réticulation due à la liaison éthylénique. Ainsi l'addition de peroxyde de benzoyle ne permet pas de réticuler le polymère linéaire préparé par chauffage à 210° (il se forme seulement des produits colorés, solubles dans l'alcool) tandis que la polycondensation à 255° en présence d'un inhibiteur comme la phényl β-naphtylamine donne toujours des gels bruns.

Par contre, le N-(ω-undécènyl) polyundécanamide, chauffé à l'air à 50-100° en présence d'une petite quantité de sel de cobalt se transforme en un gel dû à une réaction de réticulation résultant de la soudure des

chaînes éthyléniques par un mécanisme d'oxydation comparable à celui des huiles siccatives.

La formation exclusive, à la température de 210°, de polyamides linéaires, à chaînes latérales éthyléniques, permet donc d'envisager la possibilité de réactions chimiques, sur la double liaison, conduisant à des polyamides ou à des copolyamides greffés intéressants.

(1) G. Champetier, *Bull. Soc. Chim.*, 1956, p. 853; G. Champetier, M. Lavalou et J. P. Pied, *Bull. Soc. Chim.* (sous presse).
(2) R. Aelion et G. Champetier, *Bull. Soc. Chim.*, 1949, p. 529.
(3) G. Champetier et M. Lavalou, *Bull. Soc. Chim.* (sous presse).
(4) F. Kraftt et F. Tritschler, *Ber. Chem. deuts. Ges.*, **33**, 1900. p. 3581.
(5) H. J. Lucas et D. Pressman, *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.*, 1938, p. 140.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur l'emploi de la transposition allylique généralisée à la détermination des processus de la transposition allylique simple.* Note de MM. **Charles Prévost** et **Philippe Miginiac**, présentée par M. Paul Pascal.

L'existence d'une fonction univalente négative en conjugaison avec deux doubles liaisons laissait prévoir la possibilité d'une réaction normale et de deux réactions anormales dans les substitutions nucléophiles. L'expérience montre que de telles substitutions ne conduisent guère qu'aux deux dérivés chez lesquels les doubles liaisons sont conjuguées. Ceci amène à reviser les processus de la substitution nucléophile.

Afin de préciser les mécanismes de la transposition allylique, nous avons étudié les substitutions nucléophiles les plus classiques sur des groupes de métamères

(5) $R-CHX-CH=CH-CH=CH_2$,

(3) $R-CH=CH-CHX-CH=CH_2$,

(1) $R-CH=CH-CH=CH-CH_2X$.

Nous avons, jusqu'ici, fait porter nos expériences sur les exemples $R=CH_3$ et $R=H$; dans le second cas, (1) et (5) sont identiques.

Les alcools (X=OH) ont seuls pu être isolés sous les trois formes, l'alcool (3) s'obtenant par des méthodes synthétiques et non par des substitutions nucléophiles. Pour toute autre nature de X, les composés n'étaient pas accessibles par d'autres procédés que des substitutions nucléophiles; seuls (1) et (5) ont été préparés à l'état à peu près pur, les dérivés (3) ne se formant généralement qu'en proportion minime et n'étant décelables que par spectrographie infrarouge.

De toute façon le produit de départ est l'alcool (3).

Son éthérification bromhydrique conduit à un produit presque unique

de constitution (1), son éthérification chlorhydrique (PCl_3 + pyridine en évitant soigneusement le milieu acide) n'engendre que des traces de chlorure (3), 20 % de (5), 80 % de (1).

L'hydrolyse du bromure (1), en présence de bicarbonate de sodium conduit, pour R = H, à environ 15 % d'alcool (3) pour 85 % d'alcool (1) et, pour $R = CH_3$, à environ 75 % d'alcool (5) pour 25 % d'alcool (1) avec des traces d'alcool (3).

La condensation du bromure (1) avec C_2H_5MgBr est si complexe que nous ne l'avons étudiée que pour R = H. Il se fait très peu d'éthylation; les heptadiènes ainsi obtenus ($X=C_2H_5$) sont principalement constituées par le carbure (1) avec une trace de carbure (3). Par contre, on observe un échange fonctionnel prépondérant qui conduit finalement à un mélange complexe de carbures en C_{10}, facilement polymérisables, ce qui gêne une rectification soignée; le spectre infrarouge décèle un mélange de tétraènes conjugués et non conjugués comme on pouvait le prévoir. L'extrapolation de ces résultats pour $R = CH_3$ fait prévoir trois diènes et six tétraènes, ce qui rend le problème expérimentalement inextricable.

L'acétate de sodium en milieu acétique engendre avec le bromure (5) environ 60 % d'acétine (5) et 40 % d'acétine (1), l'acétine (3) ne se formant qu'en traces.

L'acétate d'argent conduit à un mélange de composition différente, mais ne renfermant, lui aussi, que des traces d'acétine (3).

Il résulte de tout ceci que des réactions de natures très différentes : l'hydrolyse et l'action de l'acétate d'argent, considérées comme un mécanisme voisin de SN_p (C^+), l'action de l'acétate de sodium en milieu acétique, considérée comme un mésomécanisme ou comme une concurrence d'acétolyse et de SN_2 (PN), l'action des magnésiens, considérée comme un transfert électronique circulaire, sont toutes très défavorables à l'obtention de dérivé (3).

L'éthérification de l'alcool (3) par PCl_3 ne fournissant guère que les chlorures (1) et (5), on pouvait penser que ce phénomène était dû, dans un mécanisme par transfert électronique circulaire, à la priorité du processus hexagonal sur le processus quadriangulaire; dans cette hypothèse, l'éthérification par PCl_3 des alcools (1) ou (5) eut dû donner en majorité le chlorure (3); or on obtient encore un mélange de chlorures (1) et (5) avec seulement une trace de chlorure (3). Les mélanges obtenus en éthérifiant les alcools (1), (3) et (5) sont différents et diffèrent du mélange en équilibre obtenu par un contact prolongé de l'un d'eux avec une goutte de la solution commerciale de ClH.

De cet ensemble complexe, on peut tirer ces conclusions provisoires.

1° L'ion mésomère :

$$R-\overset{\delta+}{C}H=CH-\overset{\delta'+}{C}H-CH=\overset{\delta''+}{C}H_2$$

possède une charge δ' très faible.

2° Le mécanisme hexagonal dans les réactions par transfert électronique circulaire n'a la priorité sur les mécanismes quadrangulaire ou octogonal que si le carbone attaqué dans le processus hexagonal possède une charge suffisante, ce qui ne semble pas être le cas.

Ces conclusions ne sont pas indépendantes. Si la charge en (3) de l'ion mésomère est faible, il doit, d'après ce que l'un de nous a énoncé dans la théorie des mésomécanismes ([1]), en être de même de la charge en (3) dans les complexes intermédiaires intervenant dans le mécanisme cyclique.

3° Les phénomènes de transposition allylique généralisée n'intéressent guère que l'interconversion des dérivés (5) en dérivés (1) ou réciproquement.

4° La conclusion n° 2 nous incite à reviser la notion de transfert électronique circulaire, qui ne serait qu'une représentation commode et non une réalité.

([1]) C. Prévost. *Bull. Soc. Chim.* 1957. p. 1489.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les propriétés et la nature du composé* SiN_2H_2 *préparé par ammonolyse des tétrahalogénures de silicium.* Note de M. **Michel Billy**, présentée par M. Paul Pascal.

Le composé silicié obtenu par ammonolyse de SiX_4 semble être un polymère $(SiN_2H_2)_x$. Il adsorbe facilement l'ammoniac. Les halogénures d'hydrogène réagissent sur lui avec formation du tétrahalogénure de silicium correspondant. Le produit de sa thermolyse est le nitrure amorphe Si_3N_4 qui ne cristallise qu'à haute température.

On sait ([1]) que le seul composé azoté du silicium résultant de la réaction entre l'ammoniac et le tétrachlorure de silicium a pour formule SiN_2H_2. Considéré généralement comme une diimide $Si(NH)_2$, il se présente sous la forme d'une poudre blanche, amorphe, extrêmement hydrolysable. Ses autres propriétés — formation d'un chlorhydrate $Si(NH)_2$, 2 ClH par action du gaz chlorhydrique et d'un produit de dégradation Si_2N_3H par chauffage en courant d'azote à 900° — ne sont connues que par les seules expériences de Blix et Wirbelauer ([2]). Nous avons cherché à préciser la nature de ce composé.

1° *Action de l'ammoniac.* — Il est facile de mettre en évidence les caractères exothermique et réversible de la fixation de l'ammoniac. En effet, si l'on introduit un volume connu de ce gaz dans une enceinte jaugée contenant une quantité donnée du composé SiN_2H_2 sous vide, on note une absorption rapide accompagnée d'un dégagement de chaleur. Par extraction sous vide de gaz NH_3

on observe au contraire un refroidissement très net. Ces phénomènes sont reproductibles et l'ammoniac fixé n'est fonction que de la pression pour une même température et une même quantité de substance.

Nous avons étudié la quantité d'ammoniac fixé en fonction de la pression d'équilibre à différentes températures inférieures à 20° et sommes arrivés aux conclusions suivantes :

a. Le système du second ordre $NH_3 — SiN_2H_2$ est divariant. Il n'y a donc pas formation d'une phase nouvelle correspondant à une combinaison définie plus riche en azote que la forme SiN_2H_2.

b. Le phénomène obéit aux lois de l'adsorption.

c. La saturation de tous les groupements polaires du composé SiN_2H_2 est obtenue lorsque la quantité d'ammoniac adsorbée est dans le rapport $NH_3/SiN_2H_2 = 1$.

En conséquence, l'adsorption de l'ammoniac serait seule compatible avec la représentation cyanamide $NSi — NH_2$. C'est à ce phénomène d'adsorption qu'il faut rapporter la divergence entre les résultats des auteurs antérieurs sur l'existence de composés plus riches en azote issus de la réaction des deux composés $SiCl_4$ et NH_3.

2° *Action du gaz chlorhydrique*. — A température ambiante, la réaction du système $HCl — SiN_2H_2$ est exothermique et débute violemment; mais elle évolue ensuite très lentement pendant trois jours environ. Le produit de la réaction ne contient alors que du chlorure d'ammonium : le silicium a donc été éliminé sous forme d'un composé volatil. Nous avons pu montrer par condensation des gaz résiduels qu'il s'agissait du tétrachlorure de silicium. Le gaz chlorhydrique absorbé, les quantités des molécules $SiCl_4$ et $ClNH_4$ formées par rapport à SiN_2H_2 sont reliés par l'équation :

$$SiN_2H_2 + 6ClH \rightarrow SiCl_4 + 2ClNH_4.$$

L'étude du système à basse température (— 79°) montre que cette réaction se fait en deux temps, le tétrachlorure de silicium n'apparaissant très lentement qu'après une fixation instantanée de gaz chlorhydrique dans le rapport $ClH/SiN_2H_2 = 1,5$.

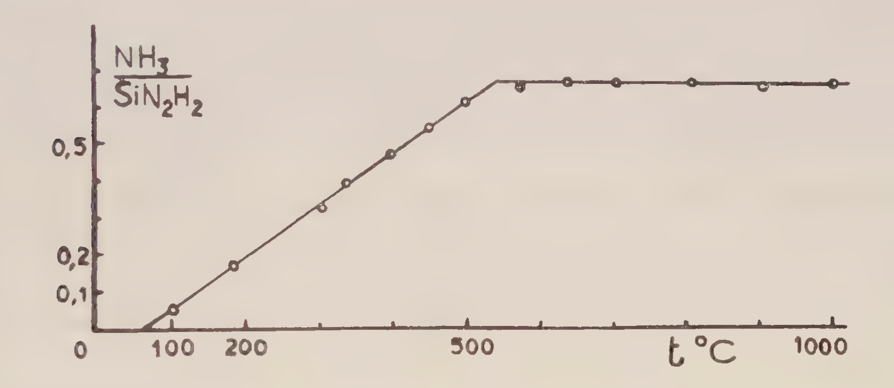
Le produit de la réaction primaire est une poudre blanche contenant du chlorure d'ammonium et un composé silicié amorphe aux rayons X qui s'hydrolyse rapidement avec formation de silice, chlorure d'ammonium et ammoniac. Les résultats de nos observations pour des quantités de gaz chlorhydrique introduites $ClH/SiN_2H_2 < 1,5$ montrent que cette première phase de la réaction doit être considérée comme le résultat d'une désammination de la molécule SiN_2H_2 suivie d'une fixation de ClH sur le produit formé :

$$2SiN_2H_2 + ClH \rightarrow Si_2N_3H + ClNH_4.$$
$$Si_2N_3H + 2ClH \rightarrow Si_2N_3H_3Cl_2.$$

Le mécanisme de la chloruration dans le second temps est certainement complexe. En effet, nous avons pu mettre en évidence la formation d'un produit intermédiaire, liquide de faible tension de vapeur à la température ordinaire, dont la similitude est frappante avec l'hexachlorodisilazane $(SiCl_3)_2NH$ trouvé récemment ([3]) dans les produits d'ammonolyse partielle du tétrachlorure $SiCl_4$. Il est vraisemblable que celui-ci se forme par décomposition de ce terme intermédiaire suivant un processus identique à celui de la décomposition de l'hexachlorodisiloxane ([4])

$$4(SiCl_3)_2O \rightarrow 2SiO_2 + 6SiCl_4.$$

3° *Décomposition thermique.* — Les résultats de la décomposition isotherme de SiN_2H_2 en atmosphère d'azote ont été rapportés sur la figure ci-dessous. L'ammoniac dégagé a été déterminé par alcalimétrie et contrôlé par la perte de poids et l'analyse du produit de pyrolyse.



On voit que la décomposition de la molécule SiN_2H_2 débute à 75° et que le dégagement de l'ammoniac peut être représenté par une fonction linéaire de la température dans l'intervalle 75-550°. Le palier obtenu aux températures supérieures correspond au rapport $NH_3/SiN_2H_2 = 2/3$. Le seul terme stable de la pyrolyse de la molécule SiN_2H_2 *à l'état pur* est donc un composé exempt d'hydrogène, Si_3N_4, amorphe aux rayons X, mais qui cristallise très lentement par recuisson en atmosphère d'azote à 1 450°. Son diagramme X est alors identique à celui du nitrure Si_3N_4 préparé par action directe de l'azote ou de l'ammoniac sur le silicium ([5]).

En résumé, nous avons montré la formation du nitrure de silicium amorphe Si_3N_4 par décomposition thermique de la combinaison SiN_2H_2. On l'obtient en passant par une série de composés intermédiaires mal définis et tous amorphes. L'édifice de tels composés est certainement complexe : polyamides ou imides sous forme de chaînes ou de cycles. Dans ces conditions, il est difficile de considérer le terme initial de la thermolyse comme une molécule simple à représentation diimide $HN{=}Si{=}NH$ ou même cyanamide $NSi{-}NH_2$.

Seule une formule condensée $(SiN_2H_2)_x$ peut sûrement lui être attribuée, la représentation la plus probable, compatible avec les résultats de l'adsorption de l'ammoniac, étant $\left[\begin{array}{c}-N{=}Si-\\ \quad\;\;|\\ \quad\;\;NH_2\end{array}\right]_x$.

(1) M. Billy, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 137.
(2) M. Blix et W. Wirbelauer, *Ber.*, 36, 1903, p. 4220.
(3) W. C. Schumb et H. Towle, *J. Amer. Chem. Soc.*, 75, 1953, p. 6085.
(4) A. Stock, C. Somiesky et R. Wintgen, *Ber.*, 50, 1917, p. 1754.
(5) J. Lamure et M. Billy, *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 1931.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle synthèse de la thymine.* Note (*) de MM. **Ariel Guyot** et **Charles Mentzer**, présentée par M. Marcel Delépine.

La thymine peut être obtenue aisément par décarboxylation de l'acide méthyl-orotique dont la synthèse avait été décrite dans une Note antérieure (1). Le procédé préconisé peut être généralisé à l'obtention de plusieurs analogues structuraux non encore décrits de l'uracile.

La thymine, ou méthyl-5 uracile (I) est l'un des constituants fondamentaux

CO, HN, —CH₃, OC, NH (positions 1, 2, 3, 4, 5) ← CO, HN, —CH₃, OC, —COOH, NH

(I) (II)

de la molécule d'acide désoxyribonucléinique dont le rôle en génétique est maintenant bien établi. Jusqu'ici ce composé avait été obtenu le plus souvent par hydrolyse des nucléines provenant de noyaux cellulaires, mais on en connaît également plusieurs synthèses. En 1925, Rupe (2) l'a préparée en partant de la N-(α-cyanopropionyl) urée, par réduction, cyclisation et hydrolyse, et le procédé préconisé par cet auteur a été par la suite généralisé à des homologues par Johnson (3). Une autre méthode consiste à réduire l'α-éthoxalyl-propionate d'éthyle en ester β-méthyl-malique correspondant et à condenser ce dernier avec de l'urée en milieu déshydratant (4).

L'un d'entre nous, en collaboration avec Mlle D. Billet (1) ayant eu la possibilité, il y a quelques années, de mettre au point une méthode très simple de préparation de l'acide thymine-carboxylique-4 (acide méthyl-orotique) (II), nous avons pensé que la décarboxylation de cet acide devait nous permettre d'accéder aisément au produit cherché. Cependant les premiers essais effectués dans cette voie n'avaient abouti qu'à des échecs. En effet la liaison qui relie le

carbone du —COOH au noyau présente une stabilité du même ordre que celle qu'on rencontre dans les acides aromatiques du type benzoïque. Finalement des résultats positifs ont pu être obtenus en suivant la technique maintenant classique, qui consiste à chauffer la molécule à décarboxyler en présence de cuivre et au sein de la quinoléine à 238°. Cette technique a d'ailleurs été appliquée tout récemment par Atkinson [5] à la préparation de l'uracile en partant de l'acide orotique. Divers homologues de la thymine ont pu être synthétisés suivant un procédé analogue, et l'étude des nouveaux composés ainsi obtenus, qui sont des analogues de l'uracile, font l'objet de la thèse de l'un de nous [6].

Partie expérimentale. — *Acide méthyl*-5 *orotique* : $C_6H_6O_4N_2$. — 1 g de carbéthoxy-éthylidène hydantoïne précédemment décrite [4] est chauffé au reflux pendant trois heures [7] en présence de 1 g de potasse dissoute dans 15 ml d'eau.

Après refroidissement et acidification au moyen d'acide chlorhydrique concentré, l'acide méthyl-orotique précipite. Il est recristallisé deux fois dans l'eau, puis séché à l'étuve à 100° sous vide.

Rdt 72 %. F inst 327° au bloc Maquenne. Maximum d'absorption dans l'ultra violet : 280 mμ.

Thymine : $C_5H_6O_2N_2$. — 0,4 g d'acide méthyl-orotique sont chauffés au bain métallique en présence de 0,09 g de poudre de cuivre réduit et au sein de 4 ml de quinoléine fraîchement distillée, au reflux pendant 1 h. Après refroidissement, le produit de la réaction est additionné de 10 ml de soude 2N, et le mélange obtenu est lavé à l'éther en vue d'éliminer la quinoléine. Le liquide aqueux est ensuite filtré puis acidifié et extrait pendant 3 h à l'acétate d'éthyle qui dissout le corps cherché. L'acide méthyl-orotique non transformé est éliminé par lavage au moyen d'une solution saturée de bicarbonate de sodium et la phase organique est évaporée à sec. Le résidu est repris par l'eau et recristallisé deux fois dans l'alcool.

Rdt 120 mg (40 % de la théorie); calculé %, C 47,62; H 4,8; trouvé %, C 47,52; H 4,96.

$R_f = 0,8$ (tache fluorescente aux ultraviolets) dans un mélange de butanol acide formique, eau (77-13-10). Spectre ultraviolet : maximum à 268 mμ.

Ces propriétés sont conformes à celles qui sont décrites dans la littérature [4].

Éthyl-5 *uracile* [8] $C_6H_8O_2N_2$. — Ce composé a été obtenu par décarboxylation de l'acide éthyl-5 orotique, suivant la technique précédemment décrite. Il sublime sans fondre à 300°; calculé %, C 51,42; H 5,75; trouvé %, C 51,27; H 5,67.

Spectre ultraviolet identique à celui de la thymine.

Des conditions opératoires légèrement différentes nous ont permis d'accéder

également aux corps mentionnés dans le tableau suivant, par décarboxylation des acides orotiques correspondants.

Structure de l'uracile obtenu.	F (°C).	C %. Calculé.	C %. Trouvé.	H %. Calculé.	H %. Trouvé.	Rdt (%).
N_1 phénylthymine.........	256	65,33	65,13	4,98	5,38	71,5
N_1 phényl-éthyl-5 uracile...	217	66,65	66,70	5,59	5,65	66
N_1 phényl-*n*butyl-5 uracile..	147	68,83	68,92	6,60	6,74	71

(*) Séance du 13 janvier 1958.

(1) Mentzer et Mlle Billet, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 402.

(2) Rupe, *Helv. Chim. Acta*, 8, 1925, p. 850.

(3) Johnson et Bergman, *J. Amer. Chem. Soc.*, 55, 1933, p. 1733.

(4) Henry W. Scherp, *J. Amer. Chem. Soc.*, 68, 1946, p. 912.

(5) R. N. Warrener-Atkinson, *Chem. Soc.*, 1957, p. 2363.

(6) A. Guyot, *Thèse d'Ingénieur-Docteur*, Lyon (sous presse).

(7) Le temps de chauffage (2 mn) indiqué dans la publication antérieure (1) est en réalité trop court et n'aboutit pas à des résultats constants. C'est pour cette raison que nous avons été amenés à prolonger l'ébullition pendant 3 h.

(8) Cette substance avait été préparée en 1955 par Burckhalter (9) en partant de l'α-formylbutyrate d'éthyle, suivant une méthode entièrement différente de la nôtre.

(9) Burckhalter et Scarborough, *J. Amer. ph. Ass.*, 44, 1955, p. 545.

(*Laboratoire de Chimie biologique*, 93, *rue Pasteur*, *Lyon*.)

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'α-cyanostyrolène.* Note (*) de MM. **Jean Colonge**, **Jacques Dreux** et **Jean-Pierre Regeaud**, présentée par M. Marcel Delépine.

On établit la constitution du dimère de l'α-cyanostyrolène; on montre, en outre, qu'on peut obtenir le dinitrile diphénylglutarique par condensation du cyanure de benzyle avec le formaldéhyde.

L'α-cyanostyrolène ou méthylène-2 phényléthanenitrile (I) se prépare aisément en simplifiant le procédé de Newey et Erickson (1) : on traite 1 mole de cyanure de benzyle par 1,1 mole de « trioxyméthylène », en présence de potasse alcoolique; la réaction étant amorcée par chauffage et l'α-cyanostyrolène distillé; Rdt 72 %.

Parmi ses propriétés, il convient de mentionner sa dimérisation par réaction de Diels et Adler et son rôle de réactif électrophile dans la réaction de Michael.

Pour la constitution de son dimère, les structures (II), (III) et (IV) ont été proposées. Newey et Erickson (1) hésitèrent entre (II) et (III). Pour lever cette indétermination, nous avons procédé à une série d'opérations conduisant successivement à un diacide (V), puis au phényl-1 tétrahydronaphtalène (VI) et enfin à l'α-phénylnaphtalène (VII). L'analyse, le point de fusion et le spectre

infrarouge de cet hydrocarbure concordent avec ceux de l'α-phénylnaphtalène synthétique obtenu à partir du benzène et de l'α-chloronaphtalène, selon Chattaway [2].

Le dimère de l'α-cyanostyrolène répond donc bien à la formule (II); sa formation résulte d'une synthèse diénique entre une première molécule de cyanostyrolène (philodiène) et une deuxième molécule dans laquelle une double liaison du noyau, conjuguée à la double liaison extranucléaire, entre en jeu comme cela a déjà été observé sur quelques composés aromatiques.

Il était, d'autre part, intéressant d'étendre à l'α-cyanostyrolène les réactions d'addition du type Michael, en particulier essayer d'additionner le cyanure de benzyle. Cette addition a lieu et conduit, suivant les quantités de potasse alcoolique utilisée comme catalyseur, soit au dinitrile α.α'-diphénylglutarique (IX), soit, par suite d'une hydratation, au diamide α.α'-diphénylglutarique (X). Toutefois, pour préparer le nitrile (IX), il est plus avantageux de condenser directement deux moles de cyanure de benzyle avec une mole de « trioxyméthylène », en présence de potasse alcoolique.

$$C_6H_5—C(CN)=CH_2 \quad \text{(I)}$$

$$NC—CH(C_6H_5)—CH_2—CH(C_6H_5)—CN \quad \text{(IX)}$$

$$H_2N—CO—CH(C_6H_5)—CH_2—CH(C_6H_5)—CO—NH_2 \quad \text{(X)}$$

CN; NC, C_6H_5
(II)

CN, CH_3; NC, C_6H_5
(III)

NC, CH_3; NC, CH_3
(IV)

COOH; HOOC, C_6H_5
(V)

C_6H_5
(VI)

C_6H_5
(VII)

CN, C, CH_2, H
(VIII)
+ CH_2=C, NC, C_6H_5 → CN, H, NC, C_6H_5 → CN; NC, C_6H_5
(II)

Phényl-1 dicyano-1.4 tétrahydro-1.2.3.4 naphtalène $C_{18}H_{14}N_2$ (II). — Le cyanostyrolène est abandonné à la température de 20° pendant deux mois; Rdt 100 %; solide, F 63° (alcool méthylique), en accord avec ([1]).

Phényl-1 tétrahydro-1.2.3.4 naphtalène dicarboxylique-1.4 $C_{18}H_{16}O_4$(V). — Le composé (II) est hydrolysé par chauffage pendant 2 h avec de l'acide sulfurique concentré. Solide, F 236° (eau-acide acétique), en accord avec ([1]).

Phényl-1 tétrahydro-1.2.3.4 naphtalène $C_{16}H_{16}$(VI). — Décarboxylation de (V) par chauffage à 500° avec de la chaux sodée; Rdt 53 %. Liquide $É_{20}$ 195°, composé déjà signalé par Treibs ([3]).

Phényl-1 naphtalène $C_{16}H_{12}$ (VII). — Déshydrogénation sur soufre de (VI) et purification par chromatographie sur alumine; Rdt 67 %. Masse cireuse se liquéfiant totalement à 45°.

Dinitrile α.α'-diphénylglutarique $C_{17}H_{14}N_2$ (IX). — Rdt 36 %; solide, F 66°, en accord avec Zelinsky ([4]).

Diamide α.α'-diphénylglutarique $C_{17}H_{18}O_2N_2$ (X). — Solide, F 155° (éther de pétrole).

Les auteurs poursuivent leur étude d'addition de réactifs sur le cyanostyrolène.

(*) Séance du 13 janvier 1958.

(1) Newey et Erickson, *J. Amer. Chem. Soc.*, 72, 1950, p. 5645.
(2) Chattaway, *Chem. Soc.*, 65, 1893, p. 1185.
(3) Treibs et coll., *Ber.*, 86, 1953, p. 616.
(4) Zelinsky et Feldmann, *Ber.*, 22, 1889, p. 3292.

(*Faculté des Sciences, Chimie organique, Lyon.*)

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Analyse directe d'un ensemble de réflexions produit par des empilements non équidistants de feuillets d'hydroxyde de nickel*, Note de Mme **Jacqueline Longuet-Escard** et M. **Jacques Mering**, présentée par M. Charles Mauguin.

L'analyse de Fourier de la fonction d'interférence (00*l*), mesurée sur des empilements de feuillets non équidistants, permet de déterminer l'espacement anormal D, causé par l'emprisonnement, entre deux particules accolées par leurs faces (001), d'ions étrangers adsorbés sur ces faces.

L'hydroxyde de nickel fraîchement précipité se présente sous la forme d'une suspension de particules cristallines plates d'environ 50 Å de diamètre, et d'une à deux dizaines d'angströms d'épaisseur. En l'absence de base libre résiduelle, la surface de ces particules cristallines (que nous appellerons particules primaires) adsorbe un excès d'ions Ni, dont la charge est compensée par son équivalent en anions du sel utilisé dans la

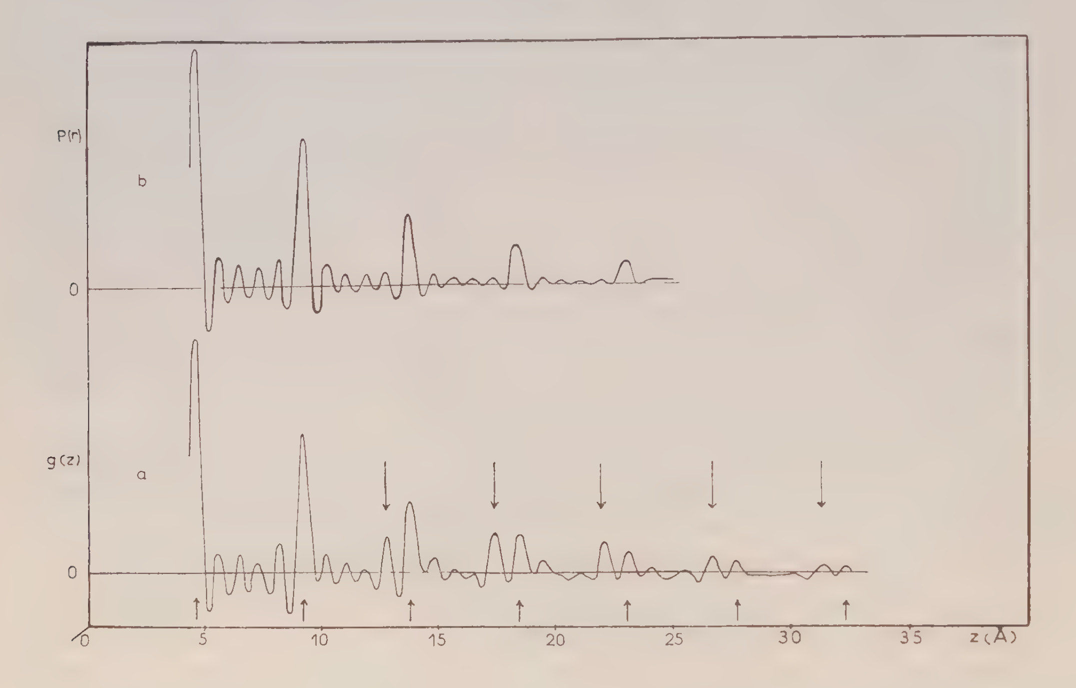
précipitation. Cette double couche ionique adsorbée conditionne le processus de la croissance cristalline, qu'on observe au cours du vieillissement des suspensions. La croissance s'opère par *fusionnement* des particules primaires, à la fois en diamètre et en épaisseur [1]. Dans la croissance en épaisseur, les particules primaires s'accolent par leurs faces (001), en emprisonnant les ions adsorbés : il en résulte la formation d'un empilement de couches de $Ni(OH)_2$ comportant, à côté de l'espacement normal ($d_{001} = 4,6$ Å), un espacement anormal D, correspondant à l'encombrement des couches ioniques emprisonnées [2], [3], qui ne recouvrent d'ailleurs qu'une fraction de la surface de chaque face. Il se produit ensuite une désorption du « sel » emprisonné, et les deux particules accolées tiennent au contact l'une de l'autre, puis se réarrangent en une cristallite unique, qui fusionne à son tour avec d'autres particules primaires de la suspension. Les empilements décrits (nous les appellerons particules secondaires) sont peu nombreux en suspension, mais constituent la totalité de la substance recueillie par séchage. Ainsi, l'étude aux rayons X de la substance séchée — à un stade donné du vieillissement — permet d'obtenir des indications sur la structure des particules secondaires, représentant le premier stade du fusionnement en épaisseur.

Les particules primaires associées dans une particule secondaire sont parallèles, mais non ordonnées l'une par rapport à l'autre. Par conséquent, les faisceaux diffusés par les particules primaires n'interfèrent entre eux que le long de la rangée $(00\,l)$. Ainsi l'analyse des réflexions (hkl) avec h et $k \neq 0$ donne des renseignements statistiques sur la constitution des particules primaires. Elle fournit les probabilités P_n de deux couches élémentaires séparées par n fois l'espacement normal (4,6 Å) d'être ordonnées entre elles. La détermination des P_n est aujourd'hui un procédé courant : il a été appliqué à l'hydroxyde de nickel [2], [3], et à des carbones partiellement graphités [4], [5].

La rangée $(00\,l)$ renseigne sur la constitution des particules secondaires. Son analyse est celle d'un ensemble de réflexions, dont le profil et les positions traduisent l'effet simultané d'un désordre et de la taille limitée des domaines cohérents. La méthode d'analyse de Warren et Averbach [6] s'applique au cas où les espacements présents diffèrent assez peu entre eux pour que l'effet de moyenne se traduise par un ensemble de réflexions rationnelles, c'est-à-dire équidistantes dans le domaine observable de l'espace réciproque. Dans le cas de l'hydroxyde de nickel peu vieilli, les réflexions $(00\,l)$ sont irrationnelles, diffuses et non symétriques; elles ne peuvent pas être considérées comme des ordres successifs de réflexion sur des plans d'une certaine équidistance *moyenne*. Ce fait signifie que les espacements présents diffèrent considérablement entre eux; la méthode de Warren et Averbach n'est donc pas applicable. La seule méthode

d'analyse directe possible est celle de la transformation de Fourier de la diffusion le long de la rangée (00 l), considérée dans son ensemble.

L'application a été faite sur un échantillon d'hydroxyde de nickel, précipité à partir du chlorure, et vieilli 8 jours. Par sédimentation de la substance, on a pu obtenir des agrégats assez fortement orientés, ce qui permit de déterminer avec précision la forme, la position et l'intensité des cinq premières réflexions irrationnelles.



Soient $I_{00l}(s)$ l'intensité mesurée pour $s = 2 \sin \theta/\lambda$, et $F_{00l}(s)$ le facteur de structure (connu) de l'hydroxyde de nickel. La courbe (a) de la figure est la transformée de Fourier $g(z)$ de la fonction d'interférence

$$G_{00l}(s) = \frac{I_{00l}(s)}{|F_{00l}(s)|^2},$$

représentant l'ensemble des cinq réflexions observées. Notons de suite que I et G sont des fonctions continues dont le « fond » (intensité aux points éloignés des maxima d'interférence) faible mais non négligeable, échappe à la photométrie par suite de l'orientation imparfaite des agrégats. Cette omission du fond conduit à fausser la transformée $g(z)$ au voisinage immédiat de l'origine. Ainsi $g(z)$ ne peut pas être normé. D'autre part, la fonction $G_{00l}(s)$ ne manifeste pas de périodicité dans le domaine explorable limité à $s_{max} = 1{,}2$ Å^{-1}; ceci oblige à limiter l'inversion de Fourier à ce domaine, et introduit des pics de diffraction et un élargissement des pics principaux.

La transformée $g(z)$ présente des maxima équidistants de 4,6 Å (marqués par les flèches inférieures), que nous appellerons maxima normaux, et qui correspondent aux feuillets équidistants des empilements. Leur présence apporte une vérification de la précision des photométries, puisque la position des réflexions observées ne permet pas de déduire cette équidistance par l'application de la loi de Bragg. Quant aux maxima anormaux (correspondant à l'espacement anormal), ils semblent *a priori* difficiles à distinguer des maxima de diffraction. Cette difficulté peut être levée en remarquant qu'il est possible de calculer l'effet de diffraction introduit par la même valeur limite de s, dans le cas d'une distribution ne comportant que les maxima normaux, de même valeur que ceux de la courbe (a). On obtient ainsi la courbe (b) de la figure. La comparaison des deux courbes permet d'identifier les maxima anormaux : ils sont marqués par les flèches supérieures sur la courbe (a). Le premier maximum se situe à $z = D = 12,8$ Å, et représente la mesure de l'espacement anormal de l'empilement. La différence entre ce chiffre et l'épaisseur Van der Waals d'un feuillet de $Ni(OH)_2$, soit 5,1 Å, est de 7,7 Å. Cette valeur est un peu supérieure à l'épaisseur d'encombrement de deux couches d'ions Cl, mais la différence peut être attribuée à la présence d'ions Ni adsorbés. Les autres maxima anormaux se situent à des distances égales à D, majoré des multiples entiers de d_{001}. Cette distribution indique que l'intervalle d'espacement anormal est toujours isolé entre deux espacements normaux.

(1) O. BAGNO, *Thèse*, Paris, 1957.
(2) J. LONGUET-ESCARD et J. MERING, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1683.
(3) J. LONGUET-ESCARD et J. MERING, *J. Chim. Phys.*, 51, 1954, p. 440.
(4) C. R. HOUSKA et B. E. WARREN, *J. Appl. Phys.*, 25, 1954, p. 1503.
(5) J. MAIRE et J. MERING, *Chem. and Ind.* (sous presse).
(6) WARREN et AVERBACH, *J. Appl. Phys.*, 21, 1950, p. 595.

(*Laboratoire Central des Services chimiques de l'État.*)

GÉOLOGIE. — *Sur la microstructure des éléments horizontaux chez* Heliolites *Dana*. Note (*) de M. **JEAN LAFUSTE**, présentée par M. Charles Jacob.

Le squelette des formes appartenant au genre *Heliolites* Dana est composé d'éléments verticaux continus (parois des tubes calicinaux et des tubes coenenchymaux), et d'éléments horizontaux (planchers de ces deux catégories de tubes).

Il est établi depuis les travaux de Lindström [1] que les éléments verticaux ont une microstructure fibreuse : En coupe longitudinale ils ont un aspect caractéristique en « barbes de plume », les fibres divergeant

vers le haut et l'extérieur de l'élément considéré. Par contre, les éléments horizontaux n'ont jamais donné lieu à une description bien précise. C'est uniquement la constitution de ceux-ci qui sera envisagée ici.

Le matériel étudié consiste en de nombreuses colonies de *Heliolites interstinctus-decipiens* (Silurien de Gothland et d'Angleterre), *H. porosus* (Dévonien inférieur, Maroc, Bohème, France, Allemagne), *H. Murchisoni* (Silurien d'Angleterre) et *H. cf. bohemicus* (Silurien d'Angleterre). De nombreuses plaques minces y ont été taillées.

D'une manière très générale les structures horizontales apparaissent à de faibles grossissements comme des lignes noirâtres, plus ou moins épaisses et tachetées, sans limites bien nettes. A un plus fort grossissement (× 80, par exemple) on reconnaît un nuage de granulations noires, de taille et de forme irrégulières, plus denses dans le plan médian. Dans cette zone granuleuse la calcite est cristallisée en plages plus réduites qu'au centre des espaces compris entre deux planchers successifs.

La continuité des limites de certains cristaux de calcite d'un espace intertabulaire au suivant, à travers le plancher qui les sépare, montre bien qu'il y a eu recristallisation. C'est sans doute à ce processus qu'il faut attribuer l'agglomération et la migration de la matière foncée que les auteurs s'accordent à regarder comme de la matière organique résiduelle. Cette recristallisation entraîne évidemment la disparition des structures fines originelles.

Nous avons cependant rencontré dans certaines plaques minces des régions moins cristallisées qui permettent une observation plus précise.

Un plancher y apparaît formé de trois couches :

a. Une lamelle médiane, à bord bien nets, de teinte grisâtre, probablement [2] assez chargée en substratum organique; la teinte n'est pas absolument uniforme, mais nous n'avons pas pu déceler de différenciation franche. Son épaisseur varie de 10 à 50 μ au maximum.

b. De part et d'autre de la lamelle médiane, deux zones de taches plus ou moins foncées; ces deux zones épaisses de 30 à 75 μ, où n'apparaît pas non plus de différenciation nette, renferment la majeure partie des granulations noirâtres. Elles paraissent toujours en partie recristallisées.

Tout le matériel rapporté au genre *Heliolites* est fortement calcifié. Seuls quelques spécimens de Dudley et Wenlock (Silurien d'Angleterre) présentent à la partie tout à fait périphérique des colonies, des calices remplis d'une fine gangue argilo-arénacée : Les planchers sont ainsi observables dans leur disposition primitive; leur épaisseur est d'un dixième de millimètre environ. On peut en déduire, comme l'observation des plaques minces le suggère, que les planchers comportent originellement les trois couches décrites plus haut.

Toutefois un échantillon de *H. porosus* de Gerolstein (Allemagne) a montré des cristaux de calcite du remplissage intertabulaire qui s'appliquent

directement sur la lamelle sombre du plancher. Les deux couches qui revêtent la lamelle médiane sont donc ici absentes. La lamelle grisâtre apparaît ainsi comme la structure essentielle du plancher. La sécrétion des deux couches latérales de carbonate de calcium n'est pas générale.

Il y a donc dans le genre *Heliolites* une opposition bien tranchée entre la microstructure des éléments verticaux et celle des éléments horizontaux.

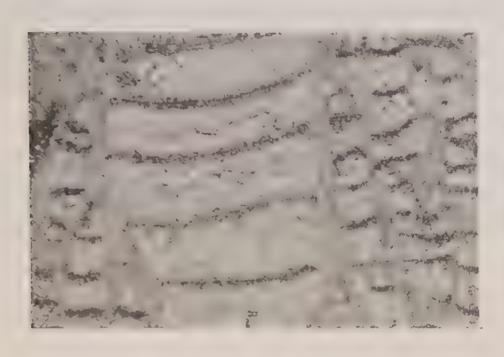


Fig. 1.

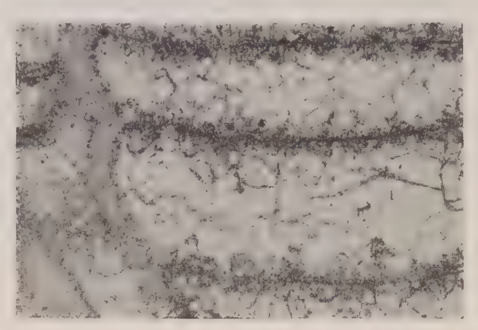


Fig. 2.

Heliolites interstinctus Lin (Silurien de Gothland) coll. Lafuste; plaques Hel-3-L 1 et Hel-3-L 2.

Fig. 1. — Coupe longitudinale d'un calice où les lamelles médianes des planchers sont bien visibles. Les deux couches latérales sont en partie démantelées par recristallisation (× 20).

Fig. 2. — Passage par « désintégration », des lamelles noires au nuage de granules, aspect habituel des planchers (× 46).

L'importance d'une telle dualité de constitution apparaît quand on sait que chez des formes qui ont été rapprochées du genre *Heliolites* pour des raisons de morphologie superficielle, les structures horizontales sont très différentes : ainsi chez *Pinacopora* Nicholson et Etheridge, les planchers sont épais et constitués de trabécules courtes, accolées, de même type que celles qui forment les parois verticales; chez *Halysites* Fischer, les éléments horizontaux sont en général épais et passent sans transition aux parois verticales et ont la même microstructure que celles-ci [elle est en cours d'étude].

Il devient évident qu'il faut revoir en détail la microstructure des formes paléozoïques qui ont été rassemblées sous le terme de Tabulés. Des similitudes d'aspect ont entraîné des rapprochements inexacts et faussé la Systématique. L'homomorphisme, chez ces formes primitives, s'explique : il y a en effet peu de combinaisons possibles entre les éléments structuraux si peu nombreux chez ces fossiles et indifférentiables à l'échelle de l'observation macroscopique. Seules des recherches paléohistologiques sont susceptibles de faire corriger les erreurs et de conduire à des considérations taxonomiques plus rationnelles.

(*) Séance du 13 janvier 1958.

([1]) *Kongl. Sv. Vet. Akademiens Handlingar*, Bd 32, n° 1, 1899, p. 55-56.

([2]) Des recherches ont été entreprises pour préciser la nature de cette matière noire, qui se rencontre chez tous les Polypiers.

(Laboratoire de Géologie, Faculté des Sciences de Paris.)

GÉOLOGIE. — *Quelques précisions au sujet de la série de l'Abatesco, au Sud de l'île de Corse.* Note de MM. **Pierre Lapadu-Hargues** et **Jacques Maisonneuve**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Dans le Sud de l'île de la Corse, sur le versant oriental regardant vers la mer Tyrrhénienne, la plaine côtière se rétrécit dès qu'on atteint Ghisonaccia; au niveau de Favone, le granite vient affleurer au bord de mer.

Entre Ghisonaccia et Solenzara, la crête faîtière granitique est séparée de la côte par une bande de terrain de direction sensiblement méridienne, d'une largeur d'environ 5 km, constituée par une série azoïque, avec des grès et des schistes qui, sauf vers le Nord, se manifestent pas de trace *notable* de métamorphisme. Cet ensemble est appelé « Série de l'Abatesco », du nom du torrent qui, issu des sommets granitiques, la traverse avant de se jeter dans la mer, au Sud de Ghisonaccia.

On la considère habituellement comme étant d'âge éocène indéterminé. Elle est effectivement recouverte en discordance, à Piediquarcio au Nord, à Solaro et Sari de Porto-Vecchio au Sud, par une série détritique à poudingues, grès et calcaires. On y a trouvé des fossiles au Sud, à Solaro et à Sari ; l'âge en est éocène (lutétien) : on l'a nommée « Série de Solaro ».

Nous voulons simplement ici signaler deux points d'observation relatifs à la série de l'Abatesco, points susceptibles de préciser sa position dans l'ensemble des éléments structuraux de cette région de la Corse.

Vers le Nord, les grès et schistes de l'Abatesco voient se développer en leur sein un certain métamorphisme général, avec l'apparition de séricite et muscovite, ainsi que l'alignement des minéraux, témoignant une schistosité cristallophyllienne; en outre, on observe des lentilles de quartz d'exsudation; on peut de la sorte assister au passage des termes de cette série avec l'ensemble, plus septentrional, dit « des schistes lustrés », qui s'étend sur la zone définie par la feuille géologique de Corte. Il semble donc que Série de l'Abatesco et Série dite « des schistes lustrés » appartiennent, en fait, au même ensemble, la Série de l'Abatesco en constituant un faciès peu ou pas atteint par le métamorphisme régional.

D'autre part, nous avons pu constater de façon indiscutable que le granite de la crête majeure, granite du massif du Sud de l'île, est intrusif en son contact avec la Série de l'Abatesco. La coupe du Travo, au lieu

dit Vignola, ne laisse subsister aucun doute sur ce point; les formations affleurant au fond de cette vallée appartiennent, en effet, à cette série, et non à celle de Solaro, comme l'indique la feuille géologique de Bastelica.

La Série de l'Abatesco est donc antérieure au granite qui la recoupe. Et, à moins d'admettre pour tout le granite du Sud de la Corse un âge post-éocène, mais anté-lutétien (en raison de la Série de Solaro, bien datée), ce qui nous semble une hypothèse bien prématurée, il faut, à notre sens, ne considérer qu'avec beaucoup de prudence l'attribution à l'Éocène de cette Série de l'Abatesco et de la Série des « Schistes lustrés » qui la continue vers le Nord.

Ceci vient en confirmation de ce que nous avions déjà présenté l'année dernière, ici même (1), à propos des rapports respectifs de la série des Schistes de Corte et des granites de la Restonica.

(1) *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 2107.

(*Laboratoire de Géologie et Minéralogie
de la Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand.*)

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Acidité des eaux en milieu forestier intertropical.* Note (*) de M. **Gabriel Rougerie**, présentée par M. Pierre Pruvost.

On considère habituellement comme très acides les eaux des milieux intertropicaux, et plus spécialement celles des milieux forestés. Sur ce postulat de nombreux auteurs font reposer les conditions dans lesquelles s'effectue le façonnement des modelés : les eaux fortement acides seraient douées d'un pouvoir dissolvant élevé conditionnant l'essentiel de l'altération des roches et, conséquemment, de l'érosion (1).

Cette acidité postulée des eaux intertropicales est attribuée, d'une part à la forte électrisation de l'atmosphère, qui enrichirait l'eau de pluie en acide azotique, et d'autre part, aux acides organiques, liés à l'abondante matière végétale, qui retentiraient sur les eaux du sol.

Des séries de mesures de pH, effectuées en Côte-d'Ivoire forestière, établissent qu'en réalité les eaux, prises aux divers niveaux de leur circuit ne présentent pas une acidité significativement plus remarquable que celles des milieux extra-tropicaux.

L'acidité des eaux de pluie se situe entre pH 5,0 et pH 7,0, avec probablement un rythme saisonnier, les valeurs plus proches de l'alcalinité correspondant aux pluies de saison sèche.

Quelques sondages effectués en France, dans l'agglomération parisienne et en campagne périgourdine, donnent des résultats compris entre pH 4,9 et 6,0.

Ainsi, en milieu intertropical comme en milieu tempéré, l'eau de pluie présente simplement des valeurs de pH correspondant approximativement à celles d'une eau distillée en équilibre avec le gaz carbonique atmosphérique. Les plus basses valeurs peuvent traduire des phénomènes d'électrisation, mais sans jamais atteindre des acidités importantes, et surtout pas davantage marquées en milieu intertropical.

Le pH d'une eau de pluie, milieu non tamponné, n'est d'ailleurs pas très significatif parce qu'il n'est pas stable. Ceux des eaux du sol, au contraire, reflètent fidèlement les influences du milieu, minéral et organique.

Les mesures faites en Côte-d'Ivoire indiquent que l'acidité varie en fonction du type d'eau — ruissellement, infiltration, draînage — et en fonction du milieu pétrographique intéressé. C'est dire déjà qu'on ne rencontre pas un caractère dominant dû à l'influence d'acides organiques susceptibles de voiler ces nuances.

Le tableau suivant indique les moyennes des résultats obtenus :

			Roches	
Type d'eau.	Sables quartzites.	Schistes micaschistes.	granitoïdes.	basiques.
Ruissellement	–	6,6	6,3	–
Marécages	5,3	5,9	5,8	–
Nappes	5,2	5,3	5,5	7,2
Petits ruisseaux	6,0	6,7	6,4	6,7
Rivières	–	6,1	6,7	–

Il apparaît que les eaux se répartissent en deux groupes : les eaux courantes, de ruissellement, des petits cours d'eau locaux et des grandes artères, ont des pH supérieurs à 6,0; celles des marécages et des nappes phréatiques, des pH inférieurs à 6,0, mais supérieurs à 5,0.

L'eau de pluie, légèrement acide à l'instar d'une eau distillée au contact de l'atmosphère, s'alcalinise lorsqu'elle entre en contact avec le sol où le ruissellement joue sur des horizons superficiels relativement enrichis en bases par les litières de la forêt.

Dans les marécages, une acidification due à la décomposition de la matière végétale en conditions anaérobies est évidente; mais elle ne voile pas l'influence du milieu minéral.

Les nappes phréatiques (puits et sources) possèdent les plus bas pH. Des analyses paraissent indiquer que cette acidité est davantage en rapport avec une sursaturation en gaz carbonique (vie des racines, activité bactérienne) qu'avec une richesse particulière en acides organiques [2]. La marque des roches mères d'où les sols sont issus s'y révèle particulièrement significative.

Dans les cours d'eau élémentaires et dans les collecteurs, cette dernière demeure lisible, cependant que les eaux s'alcalinisent dans l'ensemble,

en rapport probablement avec l'aération qui permet au gaz carbonique de s'échapper en partie.

Au total, aucune acidité significative ne marque les eaux des milieux tropicaux humides. La nitrification des eaux atmosphériques est probablement surestimée, l'enrichissement, tout local, en acides organiques, ne va pas au-delà de celui des marécages tempérés, *a fortiori*, des tourbières, et la majeure partie de l'eau au sol s'équilibre surtout avec les données du milieu minéral.

(*) Séance du 13 janvier 1958.

(1) Il convient de souligner que, hors de certains matériels comme les calcaires, acidité accrue ne signifie pas altération plus efficace. Il s'agit avant tout d'actions hydrolytiques et l'éventuelle mise en pseudo-solution de la silice des roches cristallines demande, au contraire, une certaine alcalinité.

(2) Une expérience de laboratoire effectuée sur des feuilles de forêt hygro-mésophyle, mises à macérer dans de l'eau distillée ensemencée avec extrait du sol forestier correspondant, nous a donné, sur 18 mois, une courbe de pH à fléchissement initial de pH 6,0 à 5,6, suivi de remontée et d'un palier autour de pH 7,0 pendant un an.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches sur la nutrition des tissus normaux d'Aubépine cultivés* in vitro. Note de Mlle **Denise Paris**, présentée par M. Roger Heim.

Les tissus normaux d'Aubépine peuvent croître indéfiniment dans un milieu renfermant de l'acide naphtalène acétique et de la thiamine. Celle-ci semble jouer un rôle important dans le développement de cette souche.

Au cours de nos recherches concernant l'action des vitamines sur la croissance des tissus végétaux cultivés *in vitro*, nous avons étudié le comportement de la souche d'Aubépine (*Cratægus monogyna* Jacq.) isolée par Morel en 1946. Cet auteur utilisait un milieu complexe renfermant, comme facteurs de croissance, de l'acide naphtalène acétique et des vitamines (1). Ce milieu dont la composition avait été établie d'une manière empirique permit d'obtenir la croissance indéfinie de la souche d'Aubépine, mais la nécessité des différents facteurs de croissance n'avait pas été envisagée d'une manière systématique. Il nous a paru intéressant de reprendre cette étude et de considérer, notamment, les besoins de la souche d'Aubépine en facteurs vitaminiques.

Les cultures de tissus normaux d'Aubépine utilisés dans nos expériences proviennent de la souche isolée par Morel. Elles sont entretenues depuis de nombreuses années sur un milieu très légèrement modifié mais toujours empirique : sels du liquide de Knop, glucose (3 %), acide naphtalène acétique (10^{-6}), thiamine (10^{-6}), acide pantothénique (10^{-6}), biotine (2.10^{-8}) et méso-inositol (10^{-4}).

Nous avons ensemencé des fragments de tissus pesant environ 100 mg sur les milieux suivants :

Milieu 1 : milieu sans aucun facteur de croissance.

Milieu 2 : milieu renfermant seulement de l'acide naphtalène acétique (10^{-6}).

Milieu 3 : milieu contenant à la fois de l'acide naphtalène acétique (10^{-6}) et de la thiamine (10^{-6}).

Milieu 4 : milieu renfermant de l'acide naphtalène acétique (10^{-6}) et de l'acide pantothénique (10^{-6}).

Milieu 5 : milieu renfermant de l'acide naphtalène acétique (10^{-6}) et de la biotine (2.10^{-8}).

Milieu 6 : milieu renfermant de l'acide naphtalène acétique (10^{-6}) et du méso-inositol (10^{-4}).

Milieu 7 : milieu usuel complet ayant la composition indiquée ci-dessus.

Tous les deux mois environ, les colonies ont été pesées aseptiquement et repiquées à cinq reprises sur des milieux identiques. Le tableau donne les poids frais finaux moyens des colonies maintenues sur les sept milieux précédents au cours de cinq passages consécutifs.

Croissance, au bout d'environ deux mois de culture, de fragments de tissus normaux d'Aubépine maintenus sur sept milieux différents pendant plusieurs repiquages.

(Les valeurs données représentent les moyennes des poids frais finaux de 12 explantats.)

Les colonies se développant sur les milieux 3 et 7 présentent un aspect normalement étalé.

N° des milieux...	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
			Acide naphtalène acétique (10^{-6})				
Milieux.	Aucun facteur de croissance.	Acide naphtalène acétique (10^{-6}) (mg).	+ thiamine (10^{-6}) (mg).	+ acide pantothénique (10^{-6}) (mg).	+ biotine (2.10^{-8}) (mg).	+ méso-inositol (10^{-4}) (mg).	+ vitamines du milieu usuel (mg).
1er passage (durée : 77 j)...	Tissus nécrosés	838	986	901	874	984	973
2e passage (durée : 57 j)...	–	467	666	520	413	590	721
3e passage (durée : 64 j)...	–	549	944	501	445	735	948
4e passage (durée : 60 j)...	–	469	862	481	472	581	693
5e passage (durée : 77 j)...	–	543	1 047	413	526	455	963

En l'absence de facteur de croissance (milieu 1) aucune prolifération ne s'est manifestée; sur le milieu sans vitamine (milieu 2), dès le deuxième

passage, la vitesse de croissance diminue nettement et se maintient très lente au cours des passages suivants. D'autre part, l'aspect des colonies se modifie : elles deviennent plus épaisses et surtout ne s'étalent plus en surface comme elles le font ordinairement. Sur les milieux 4, 5, 6 renfermant, en plus de l'acide naphtalène acétique, un facteur vitaminique (acide pantothénique, biotine ou méso-inositol), les croissances des colonies sont lentes, comparables à celles obtenues en présence du milieu 2; leur aspect est également massif. Par contre, les milieux 3 et 7 renfermant comme vitamine soit la thiamine seule, soit un mélange complexe déterminent des croissances sensiblement égales, et l'aspect des cultures est alors identique : les colonies sont plates et se développent en s'étalant sur le milieu.

Afin de compléter ces recherches et de comparer les réactions de la souche cultivée *in vitro* depuis 1946 à celles d'une souche récemment isolée à partir d'explantats primitifs, nous avons prélevé des segments de tiges d'Aubépine, et, après stérilisation des tissus externes, nous les avons ensemencés sur un milieu ne contenant, comme substance stimulante, que de l'acide naphtalène acétique. Les cals qui se sont formés ont été repiqués régulièrement sur les milieux 2, 3, 4 et 7. Sur les milieux 3, 4 et 7 les colonies ainsi obtenues se sont comportées comme la souche isolée en 1946; sur le milieu 2, dépourvu de vitamine B_1, la croissance ne s'est toutefois pas maintenue au-delà du troisième repiquage.

En conclusion, il semble donc que la seule substance vitaminique active du mélange utilisé par Morel soit la vitamine B_1. Aucune des trois autres vitamines présentes dans le mélange (acide pantothénique, biotine ou méso-inositol) ne peut remplacer la thiamine.

(1) Morel utilisait les facteurs de croissance suivants : acide naphtalène acétique (5.10^{-7}), thiamine (10^{-6}), acide pantothénique (10^{-6}), biotine (10^{-8}) et méso-inositol (10^{-4}). *Thèse* (*Annales des Épiphyties*, 14, 1948, p. 64).

MYCOLOGIE. — *Remarques sur la mycoflore des sols sableux immergés à marée haute*. Note de Mme **Jacqueline Nicot**, présentée par M. Roger Heim.

Le sable des plages littorales soumises aux embruns, immergées à marée haute, révèle une microflore fongique intéressante à la fois par l'abondance des espèces qui s'accommodent de cet habitat particulier, et par l'originalité de certains organismes spécifiquement halophiles. Les observations rapportées ici ont la valeur d'un simple sondage. Parmi les échantillons récemment prélevés sur le littoral au Sud d'Arcachon (réc. Roger Heim, avril 1956), nous avons analysé tout particulièrement ceux en provenance

des dunes plantées d'oyats qui bordent la route côtière au Nord du Pyla, et ceux de la plage où les touffes de *Psamma arenaria* forment de petites buttes ou « touradons », immergées à marée haute. Nous les comparons à des prélèvements antérieurs effectués dans des conditions analogues sur une plage de la Mer du Nord, près de Malo (réc. J. Nicot, septembre 1953).

Mycoflore de la dune près d'Arcachon. — Un prélèvement de sable pur près de *Psamma arenaria* fournit une flore relativement pauvre et peu originale. *Trichoderma viride*, lié aux débris végétaux à peine décomposés, s'impose par la rapidité de son développement et par sa sporulation abondante. On relève en outre des bactéries, plusieurs espèces de *Penicillium*, des *Fusarium*, quelques Dématiées banales : *Cladosporium herbarum*, *Alternaria tenuis*, *Stemphylium lanuginosum*, *Gliomastix convoluta*, et un *Chætomium*.

A Malo, la mycoflore de la dune proche de la plage, à peine fixée par les oyats, est exactement comparable. L'espèce la plus envahissante est ici le *Fusarium culmorum*, qui limite le développement de *Trichoderma viride*. On trouve encore un autre *Fusarium*, des *Penicillium*, le même groupe de Dématiées, et un *Phoma*.

La concordance est tout aussi remarquable avec la liste des espèces récoltées par F. et Mme Moreau dans les dunes à oyats du rivage normand [1].

Mycoflore d'un « touradon ». — Un échantillon prélevé dans le sable imprégné d'eau de mer, au milieu d'une touffe d'oyats, se révèle nettement plus riche et plus varié. On note peu de bactéries, mais des *Streptomyces* et des levures, des *Penicillium*, un *Aspergillus* ascosporé, des Tuberculariées (*Fusarium*, *Epicoccum*), de nombreuses Dématiées (7 espèces), et une Sphéropsidale.

La comparaison entre les deux isolements en provenance d'Arcachon est très suggestive. La teneur en sel du sable périodiquement mouillé par l'eau de mer n'affecte apparemment pas les espèces banales qu'il héberge. On note au contraire un enrichissement en Dématiées et Tuberculariées, que favorise la végétation herbacée; c'est ainsi que les *Cladosporium*, représentés par trois espèces, et *Epicoccum purpurascens*, sont des Micromycètes typiquement associés aux chaumes jaunissants de Graminées. Deux éléments nouveaux se présentent avec une constance et une abondance remarquables : un *Phoma*, et, parmi les Dématiées, une espèce non encore reconnue de *Dendryphiella : D. arenaria* J. Nicot.

Sur la plage de Malo, le sable humide recouvert à marée haute est pauvre quant à la densité des colonies obtenues à l'ensemencement, mais sa flore est du même type que celle du touradon. Aux Dématiées banales s'ajoute l'espèce halophile *Asteromyces cruciatus* F. et Mme Moreau, isolé pour la première fois du sable d'une plage normande (*loc. cit.*), et que d'autres auteurs (J. Montégut, miss J. Brown, communications verbales) ont retrouvé

dans des conditions analogues sur le rivage atlantique et en Angleterre. La levure rose *Rhodotorula glutinis* est également présente dans les échantillons normands comme dans ceux du Golfe d'Arcachon et de la Mer du Nord.

Persistance de la flore du touradon. — L'échantillon a été conservé au Laboratoire dans son tube d'origine (long. 10 cm, diam. 1 cm), bouché au coton, et réensemencé une dizaine de mois après le prélèvement. Les modifications de la flore, dans ce volume restreint, sont caractérisées par un appauvrissement sensible, et par un déséquilibre marqué entre les différents groupes de champignons isolés. On retrouve exclusivement la levure rose, de nombreuses espèces de *Penicillium*, un *Pæcilomyces* non encore décrit [différent du *P. carneus* isolé par J. Duché et Roger Heim ([2]) du sable salé d'une dune normande], *Epicoccum purpurascens*, et *Dendryphiella arenaria*. Ainsi les *Penicillium* accusent une prédominance et une diversité que ne laissaient pas prévoir les ensemencements d'origine; la plupart des espèces se trouvaient alors masquées par des organismes plus abondants ou à développement plus rapide. Leur persistance dans cet échantillon de sable aride est toutefois conforme à l'ensemble des observations relatives à l'écologie de ces moisissures, particulièrement tolérantes aux conditions de milieu. Plus remarquable est la présence constante d'*Epicoccum purpurascens*. La plupart des souches de cette espèce perdent rapidement, en culture sur milieux gélosés, leur aptitude à sporuler; or non seulement cet *Epicoccum* s'est retrouvé dans plusieurs des boîtes ensemencées tardivement, mais il y a normalement fructifié.

On note enfin la disparition complète des microorganismes liés à la présence des végétaux vivants ou peu décomposés, et qui épuisent rapidement la matière organique disponible : *Fusarium*, Dématiées. Dans ce dernier groupe, *Dendryphiella arenaria* constitue une exception remarquable: nous trouvons dans ses caractères morphologiques et physiologiques : sporulation abondante, spores sèches pluriseptées et fortement colorées, tolérance accusée à la salinité du milieu ([3]), l'explication de ce privilège. Retenons dès maintenant cette Dématiée comme un des éléments spécifiques de la microflore des sables salés.

Celle-ci, en première approximation, accuse d'ailleurs une physionomie très uniforme le long des côtes occidentales de la France. Elle semble limitée plus par les conditions biologiques propres aux sables d'origine éolienne, que par la salinité du littoral. Si quelques espèces : *Asteromyces cruciatus*, *Dendryphiella arenaria*, *Pæcilomyces* spp., sont plus particulièrement halophiles, la plupart des Micromycètes qui subsistent dans ce milieu mobile, perméable, sensible aux écarts thermiques, pauvre en matières organiques, sont des organismes cosmopolites, qu'on retrouve aussi bien dans le sable des dunes désertiques. Une analyse plus poussée

mettrait sans doute en évidence, dans cette unité physionomique, des différences locales en relation avec des variations précises des conditions écologiques.

(1) *Rev. Mycol.*, 6, 1941, p. 49-94.
(2) *Travaux Cryptogamiques dédiés à Louis Mangin*, 1931, p. 431-458.
(3) J. Nicot, *Rev. Mycol.*, 23, 1958 (sous presse).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La fixation de gaz carbonique par les feuilles de* Pelargonium peltatum *L. à la lumière et à l'obscurité.* Note de

Mlle **Jeannine Gyr**, présentée par M. Raoul Combes.

Les feuilles de *Pelargonium peltatum* L. se comportent comme des feuilles de Crassulacées. Elles peuvent être, à la lumière, le siège d'une β-carboxylation active. Celle-ci est favorisée par une pré-illumination. L'acide tartrique présent ne fait pas partie des métabolites actifs, puisqu'en présence de $^{14}CO_2$ il ne devient pas rapidement radioactif.

Dans une précédente Note (1), j'ai signalé qu'en l'absence de CO_2, un éclairement prolongé des feuilles de *Pelargonium peltatum* L. provoquait une diminution de leur acidité, due à la disparition d'une fraction importante de l'acide malique présent.

Afin de vérifier que le comportement de ces feuilles est semblable à celui des feuilles de Crassulacées, j'ai étudié les variations de leur acidité en présence d'atmosphères enrichies en CO_2.

Après 24 h d'illumination (5 000 lux), les feuilles de *Pelargonium peltatum* L., appauvries en acides organiques, sont mises dans une atmosphère renfermant 5 % de CO_2, soit à l'obscurité, soit à la lumière. Après plusieurs heures, les feuilles sont fixées dans l'alcool méthylique bouillant, les substances solubles sont extraites. La fraction acide est purifiée à l'aide de résines échangeurs d'ions et les acides organiques sont séparés par chromatographie sur colonne de silice et dosés comme il a été décrit précédemment (1).

Le tableau I résume les principaux résultats obtenus.

A la lumière comme à l'obscurité, en présence de CO_2, on constate une augmentation de la teneur des feuilles en acides organiques, intéressant essentiellement l'acide malique. Cette acidification confirme la similitude du métabolisme de ces feuilles et de celui des feuilles de Crassulacées (2).

Afin de confirmer cette similitude et d'étudier les conditions de formation de l'acide malique et de l'acide tartrique, des feuilles appauvries en acides par une pré-illumination de 20 h sont mises pendant 6 mn dans de l'air renfermant du $^{14}CO_2$ à la tension partielle de 0,032 %, l'activité étant de 150 μC. Un lot est placé à l'obscurité, l'autre à la lumière (20 000 lux). Deux autres lots de feuilles non pré-illuminées sont traités pareillement.

TABLEAU I.

Acidités des feuilles de Pelargonium peltatum *L. exprimées en milliéquivalents par gramme de substance sèche.*

(L'acidité totale est obtenue après désalification des extraits.)
(Durée de la pré-illumination : 24 h.)
Température : 25°C; tension partielle initiale de CO_2 : 5%.

	Acidité		Acide	
	libre.	totale.	malique.	tartrique.
Témoin	2,72	3,37	1,11	0,64
Lumière : 7 h	4,09	4,80	2,15	0,69
» 23 h	4,14	4,68	2,90	1
Obscurité : 7 h	3,56	4,23	2,05	0,66

Après fixation, les substances solubles sont extraites, puis séparées à l'aide de résines échangeurs d'ions et de la chromatographie sur papier. La radioactivité des éluats est déterminée.

On constate que la pré-illumination quadruple la quantité de $^{14}CO_2$ fixé à l'obscurité, tandis que la fixation photosynthétique n'est pratiquement pas modifiée. La radioactivité présente dans les substances insolubles est négligeable à l'obscurité; à la lumière, elle ne dépasse pas le 1/5e de la radioactivité totale fixée.

La pré-illumination favorise l'intégration de CO_2 dans les acides organiques, ainsi que le montrent les résultats présentés dans le tableau II.

TABLEAU II.

Activités en nombre de coups $\times 10^{-3}$ par minute pour chaque acide contenu dans 1 g de substance foliaire sèche.

(Durée de la pré-illumination : 20 h.)
Lumière, éclairement : 20 000 lux; température : 24°C;
durée d'exposition en présence de $^{14}CO_2$: 6 mn.

	Acide				
	malique.	citrique.	fumarique.	glycérique.	tartrique.
Feuilles pré-illuminées + lumière	193,9	6,9	6,5	13,8	0
Feuilles pré-illuminées + obscurité	62	6	2,7	0	0
Feuilles non pré-illuminées + lumière	24,3	3,1	2	43	0
Feuilles non pré-illuminées + obscurité	10,3	3,5	1,9	0	0

Dans la fraction acide, la majeure partie du $^{14}CO_2$ est intégrée dans l'acide malique, dont la synthèse est favorisée par la pré-illumination

aussi bien à la lumière qu'à l'obscurité. Dans aucun cas l'acide tartrique n'est marqué, il semble donc que sa formation soit beaucoup plus lente que celle des autres acides. L'accumulation transitoire d'acides phosphorylés (acides phosphoglycérique et phospho-énolpyruvique), d'acide aspartique et, à un moindre degré, des acides glutamique, γ-amino-butyrique, ainsi que de la sérine + glycocolle, est favorisée par la pré-illumination. Par contre, la formation des hexoses libres, du saccharose et des oses phosphorylés, n'est pas affectée sensiblement.

Les feuilles de *Pelargonium peltatum* L. peuvent donc être le siège d'une β-carboxylation active à la lumière. Cette fixation non photosynthétique de CO_2 peut être décelée, soit par analyse directe en présence d'une forte tension de CO_2 capable de saturer le mécanisme photosynthétique, soit à l'aide de $^{14}CO_2$ à très faible tension partielle, par analyse de la distribution de la radioactivité acquise, ainsi qu'il a été constaté également dans les feuilles de *Bryophyllum* (Crassulacée) ([3]). L'acide tartrique, cependant très abondant, n'est pas rapidement synthétisé.

Si elle affecte les variations de l'acidité, la pré-illumination ne semble pas modifier profondément la vitesse de synthèse des glucides.

([1]) J. Gyr, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 1203.
([2]) M. Thomas et H. Beevers, *New Phytologist*, 48, 1949, p. 421-447.
([3]) A. Moyse et Mme G. Jolchine, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 39, 1957, p. 725-745.

EMBRYOLOGIE VÉGÉTALE. — *Cucurbitacées. Développement de l'albumen et de l'embryon chez le* Sicyos angulata *L.* Note de M. **Pierre Crété**, présentée par M. René Souèges.

L'albumen du *Sicyos angulata* présente une formation haustoriale, comparable à celle d'une autre Sicyoïdée, le *Coccinia indica*. Le développement de l'embryon est conforme à celui du *Bryonia dioica*, espèce appartenant à la tribu des Cucurbitées.

Les recherches qui ont été menées, ces dernières années, sur la séminogenèse des Cucurbitacées ont porté sur la formation du tégument séminal et la construction de l'albumen, mais nos connaissances sur le développement de l'embryon se réduisent toujours à l'étude, très détaillée du reste, que R. Souèges ([1]) a faite du *Bryonia dioica* Jacq, et aux observations de D. Singh ([2]) sur le *Cucumis Melo* L. En nous adressant à une Sicyoïdée, le *Sicyos angulata*, dont l'androcée monadelphe est bien différent de l'androcée polyadelphe des Cucurbitacées auxquelles se rattache la Bryone, nous avons pu vérifier les lois de l'embryogénie et établir, à propos du développement du tissu de réserve séminal, un certain nombre de faits qui sont nouveaux pour les *Sicyos*.

Dans l'ovule fécondé, il se forme rapidement un albumen cénocytique dont les noyaux se répartissent tout d'abord à la périphérie du sac embryonnaire (*fig.* 21 et 22). Autour de l'embryon, apparaissent les premières cloisons. Le reste de l'albumen demeure plus longtemps nucléaire; les noyaux

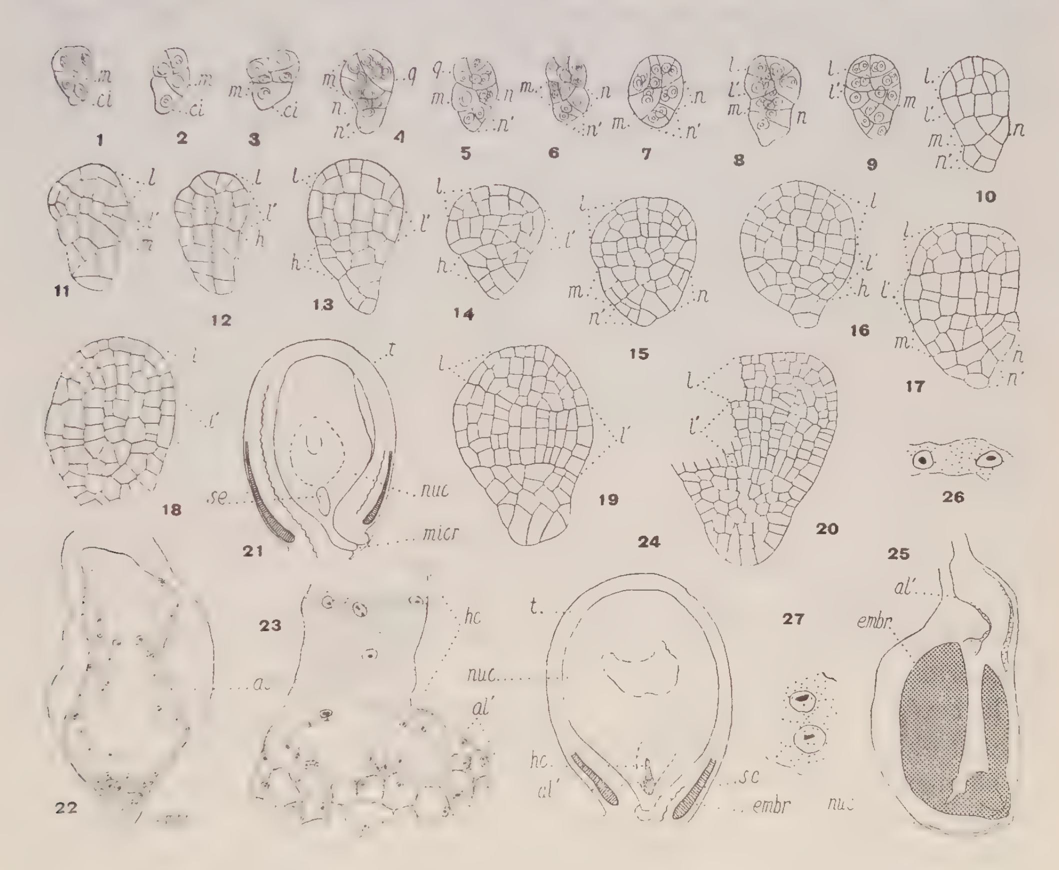


Fig. 1 à 27. — *Sicyos angulata* L. — De 1 à 20. Les principaux termes du développement de l'embryon. *m* et *ci*, cellules-filles de la cellule basale; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *q*, quadrants; *l*, octants supérieurs ou partie cotylée; *l'*, octants inférieurs ou partie hypocotylée; *h*, hypophyse. — De 21 à 27, développement de l'albumen : en 21, schéma de la graine dont le sac embryonnaire est figuré en 22; en 23, détails de la jonction de l'albumen cellulaire et de l'haustorium chalazien dans la graine schématisée en 24; en 26, les noyaux de l'albumen intercotylédonnaire et, en 27, les noyaux de l'albumen périphérique dans la graine dont la région micropylaire est schématisée en 25. *t*, tégument séminal; *sc*, assise scléreuse du tégument; *nuc*, nucelle; *se*, sac embryonnaire; *al*, albumen nucléaire; *al'*, albumen cellulaire; *hc*, haustorium chalazien; *embr*, embryon : G $\times$ 290; 210 en 20; 165 en 22; 140 en 23, 26 et 27; 14 en 21 et 25; 6 en 24.

y prennent des dimensions et un aspect souvent remarquables et les cellules, quand elles s'identifient, peuvent être plurinucléées (*fig.* 23 et 24). Cette région est comparable à celle que R. N. Chopra [3] décrit chez une autre Sicyoïdée, le *Coccinia indica* W. et A. La présence de ce véritable haustorium agissant sur le nucelle très développé, avait été ignorée par B. Singh [4] et ses prédécesseurs. Les cellules centrales de l'albumen proprement dit

deviennent rapidement volumineuses, avec de grandes vacuoles et des noyaux de forme souvent amiboïde. Elles subissent une fonte peu après l'apparition des protubérances cotylédonaires; à la périphérie du sac embryonnaire et entre les cotylédons, il ne subsiste plus, dans ces conditions, qu'un mince tissu à membranes peu visibles et à noyaux relativement volumineux (*fig.* 26 à 27).

Chez le *Sicyos*, l'albumen, qui reste toujours peu abondant, est apparemment plus qu'un tissu nourricier destiné à être digéré par l'embryon, un tissu digestif dont les fonctions s'exercent sur le nucelle qui continue d'abord de s'accroître pendant la séminogenèse, puis sur les aliments qui arrivent au sac embryonnaire par l'intermédiaire de faisceaux vasculaires bien différenciés. La spécialisation initiale de sa région chalazienne, la présence d'importantes vacuoles dans ses cellules, les dimensions et la forme de ses noyaux viennent à l'appui de cette hypothèse.

Le développement de l'embryon se rattache à deux sortes de tétrades qui appartiennent, les unes à la série A_1 (*fig.* 1 et 2), les autres à la série A_2 (*fig.* 3). Dans les deux cas, la cellule apicale *ca* est à l'origine des quadrants (*fig.* 4), puis des octants (*fig.* 5 à 9). Les octants supérieurs donnent naissance à la partie cotylée et les octants inférieurs à l'axe hypocotylé (*fig.* 10 à 19). Lorsque les embryons proviennent d'une tétrade de la série A_2, la cellule intermédiaire *m*, fille supérieure de la cellule basale, fournit l'hypophyse et sa cellule-sœur *ci*, le suspenseur; tout se passe comme chez le *Myosurus minimus* [5]. Lorsque les embryons sont issus d'une tétrade de la catégorie A_1, l'hypophyse a une origine mixte : en effet, le cloisonnement oblique de la cellule basale *cb* place sensiblement sur un même plan les éléments *m* et *ci* et, quand ce dernier se divise transversalement, sa cellule-fille supérieure *n* contribue, avec la cellule *m*, à la différenciation des initiales de la racine et à la construction du primordium de la coiffe.

Les résultats obtenus sur l'embryogenèse du *Sicyos* confirment entièrement ceux que R. Souèges a obtenus au sujet de la Bryone dioïque. Entre les deux espèces, une seule différence, d'importance secondaire, réside dans le développement considérable pris, chez le *S. angulata*, par les parties issues de la cellule basale, c'est-à-dire par l'hypophyse et le suspenseur. Quant aux parentés des Cucurbitacées, elles doivent être cherchées, non chez les Gamopétales, mais chez les Dialypétales, au niveau probablement de Pariétales à ovaire infère, les Datiscacées [6] et surtout les Bégoniacées [7], familles qui se rattachent également au type fondamental du *Myosurus*. Le point de vue de Baillon [8] serait donc justifié quand il rapproche les Cucurbitacées et les Bégoniacées, mais les affinités qu'il leur suppose avec les Loasacées sont infirmées tant par le mode de développement de l'albumen [9] que par celui de l'embryon [10]. Cependant, la tétrade serait linéaire, d'après D. Singh [2], chez le *Cucumis Melo* L. var.

pubescens Willd., ce qui prouverait que, dans l'embryogénie des Cucurbitacées, il y a des variations profondes dont il conviendra d'établir les limites. B. Singh ([4]) est frappé, pour sa part, par la ressemblance que présentent les Cucurbitacées et les Caricacées; il espère établir l'existence d'un lien entre elles par une amplification des recherches sur la structure du tégument séminal dans les deux familles. Mieux vaudrait s'adresser à l'embryogénie comparée, mais les données relatives au développement de l'embryon dans la famille des Papayers nous font, encore malheureusement, absolument défaut.

(*) Séance du 13 janvier 1958.
([1]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 227.
([2]) *J. indian bot. Soc.*, 34, 1955, p. 72-78.
([3]) *Phytomorphology*, 5, 1955, p. 219-230.
([4]) *Phytomorphology*, 3, 1953, p. 224-239.
([5]) R. Souèges, *Embryogénie et classification* (3e fasc., *partie spéciale : première période du système*, Paris, 1948).
([6]) P. Crété, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1082.
([7]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 534.
([8]) *Histoire des plantes*, Paris, 8, p. 375.
([9]) P. Crété, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 509.
([10]) P. Crété, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 920.

(*Laboratoire de Botanique générale, Faculté de Pharmacie, Paris.*)

PHYTOCHIMIE. — *Thévétine et Thévébioside.*

Note de M. **Marcel Frèrejacque**, présentée par M. Roger Heim.

Reichstein et ses collaborateurs ont signalé ([1]) que la thévétine qu'ils avaient extraite des graines de *Thevetia neriifolia* Juss., en utilisant la technique de Chen ([2]), n'était pas un corps pur : en effet, en chromatographiant cette thévétine sur papier imprégné, suivant une technique particulière, Reichstein observe deux taches sur son chromatogramme. Trois autres procédés d'extraction de la thévétine ont été décrits ([3]), ([4]), ([5]).

Nous avons vérifié, en utilisant la technique chromatographique de Reichstein, que ces procédés ne permettent d'obtenir que des produits ne contenant que de 70 à 80 % de thévétine pure. La thévétine pure n'a donc pas été obtenue jusqu'ici, non plus que le thévébioside pur, qui se déduit de la thévétine, avec perte de 1 mol de glucose, par dédoublement enzymatique.

Partant de thévétine commerciale, nous avons cherché à obtenir la thévétine pure par cristallisations fractionnées; aucun des nombreux solvants utilisés n'aboutit à un enrichissement sérieux en thévétine vraie,

les cristallisations ne réussissant qu'à éliminer une impureté constituée par un digitalique acétylé.

Finalement, nous sommes arrivé à nos fins en chromatographiant, sur une colonne d'alumine, le mélange à résoudre dissous dans du butanol normal saturé d'eau; dans ces conditions, les digitaliques satellites sont retenus un peu plus énergiquement que la thévétine.

En répétant plusieurs fois l'opération, et au prix de grosses pertes, nous avons obtenu une trentaine de grammes de thévétine pure, ne donnant plus qu'une seule tache à la chromatographie.

La thévétine pure cristallise alors aisément de l'alcool à 30° avec 3 mol d'eau.

Anhydre, elle fond à 192° (les digitaliques satellites ont un point de fusion plus élevé); anhydre : son pouvoir rotatoire est $[\alpha]_D^{21} = 62,2 \pm 1$ (méthanol, $c = 1,5$). Les dosages de carbone, d'hydrogène, de méthoxyle et de fonction lactonique s'accordent avec la formule admise $C_{42}H_{66}O_{18}$. La thévétine pure s'acétyle et se benzoyle sans difficulté, mais les dérivés obtenus n'ont jusqu'ici pas cristallisé.

La toxicité de cette thévétine a été déterminée par K. K. Chen sur 10 chats; la dose léthale est de $0,6358 \pm 0,0528$ mg/kg; alors que la dose léthale antérieurement déterminée sur un produit impur était $0,889 \pm 0,0316$ [7]. La purification a donc considérablement augmenté l'activité de la thévétine; corrélativement, on trouve que la toxicité des satellites est environ moitié de celle de la thévétine pure. On admet que dans la thévétine, l'enchaînement des divers constituants est le suivant : glucose-glucose-thévétose-digitoxigénine, les deux glucoses étant liés comme dans le gentiobiose. Le gentiobiose étant hydrolysé par l'émulsine, on pouvait penser qu'on pourrait passer de la thévétine au thévébioside par action de l'émulsine. Il n'en est rien : l'émulsine est sans action sur les solutions de thévétine. Par contre, nous avons observé que la takadiastase scinde quantitativement la thévétine en glucose et thévébioside (sans formation de nériifoline). On peut donc ainsi aisément préparer le thévébioside pur à partir de la thévétine pure. Le thévébioside pur est très peu soluble dans l'eau, même bouillante. On le recristallise aisément de l'alcool à 50°; il cristallise alors avec 3 mol d'eau et fond vers 160°, recristallise, puis fond définitivement vers 233°; anhydre, son pouvoir rotatoire est $[\alpha]_D^{23} - 64,4 \pm 1$ (méthanol).

Par acétylation pyridinée, on obtient aisément le pentacétylthévébioside en feuillets nacrés, contenant 1 mol d'eau; anhydre, il fond à 168-170°, $[\alpha]_D^{18} - 70 \pm 1$ ($CHCl_3$, $c = 1$).

La dose léthale du thévébioside pur est $1,067 \pm 0,1349$ peu différente de celle obtenue antérieurement : $1,004 \pm 0,1038$ [7].

L'hydrolyse de la thévétine pure sous l'action des ferments du suc digestif

de l'escargot conduit aisément, par perte de 2 mol de glucose, à la nériifoline pure qui fond d'abord vers 172°, puis refond définitivement vers 235°. La diacétylnériifoline pure fond vers 150°. Par contre, la dibenzoylnériifoline n'a pu être obtenue à l'état cristallin.

La dose léthale de la nériifoline pure étant 0,1961 ± 0,0102 ([7]), on voit donc que la toxicité du thévébioside pur, reste à la fois inférieure à celle de la thévétine pure et à celle de la nériifoline, c'est-à-dire que l'adjonction de 1 mol de glucose au thévébioside augmente la toxicité et que l'élimination de 1 mol de glucose augmente également la toxicité. Cette conclusion reste vraie, même si l'on compare les toxicités moléculaires obtenues en multipliant les doses léthales des corps envisagés par leurs poids moléculaires respectifs.

On admet que la thévétine renferme du gentiobiose dans sa chaîne osidique depuis que Tschesche ([6]) a obtenu du gentiobiose en traitant la thévétine par le chlorure de zinc; comme la thévétine n'est paradoxalement pas scindée par l'émulsine, on pourrait imaginer que le traitement brutal au chlorure de zinc a amené une isomérisation des oses de la thévétine. Il ne semble cependant pas que ce soit le cas : nous avons chromatographié la liqueur sucrée provenant de l'hydrolyse de la thévétine par le suc digestif de l'escargot; le chromatogramme obtenu ne révèle qu'une seule tache glucidique : celle du glucose.

([1]) E. Schenker, A. Hunger et T. Reichstein, *Helv. chim. Acta*, 38, 1954, p. 680.
([2]) K. K. Chen et A. Ling Chen, *J. Biol. Chem.*, 105, 1934, p. 23.
([3]) J. K. Lahiri, S. Gosh et R. N. Chopra, *Arch. Pharmaz.*, 276, 1938, p. 345.
([4]) M. Frèrejacque, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 695.
([5]) J. Baisse, *Bull. Soc. Chim.*, 1952, p. 458.
([6]) R. Tschesche, *Ber. Deutsch. Chem. Ges.*, 69, 1936, p. 2368.
([7]) H. Helfenberger et T. Reichstein, *Helv. chim. Acta*, 31, 1948, p. 1470.

PHYTOCHIMIE. — *Chromatographie sur papier des produits de la pyrogénation d'alcaloïdes à l'échelle microanalytique.* Note de M. **Albert Resplandy**, présentée par M. Roger Heim.

La chromatographie sur papier des produits volatils prenant naissance lors de la pyrogénation d'alcaloïdes en présence de chaux donne des renseignements précieux sur la constitution de ces alcaloïdes. La technique s'adapte également à la recherche rapide d'alcaloïdes volatils.

La pyrogénation des alcaloïdes fournit fréquemment des bases volatiles dont l'identification a été très importante pour la détermination de la constitution de certains d'entre eux.

Les techniques habituellement utilisées nécessitent une quantité assez

importante de matière première dont on ne dispose pas toujours. Nous nous sommes proposé de rechercher un procédé n'utilisant que quelques milligrammes d'alcaloïdes pour la caractérisation des bases prenant naissance lors de la pyrogénation. Nous avons mis au point une technique simple que nous décrivons ici.

Les prises d'essai qui sont de l'ordre de 1 mg d'alcaloïde sont finement pulvérisées avec 100 mg environ de chaux vive. Le mélange obtenu est introduit dans un tube en verre de 10 × 65 mm dans lequel on effectue la pyrogénation au moyen d'une flamme de gaz. Les produits volatils sont directement recueillis sur une bande de papier à chromatographie posée sur une épaisse plaque d'amiante ayant une perforation où s'adapte exactement le tube à pyrogénation. Avant et pendant le chauffage on crée une légère succion dans le tube à pyrogénation en appliquant sur le papier l'extrémité d'un tube de caoutchouc à vide de 3/12 mm, relié à une trompe à eau. L'aspiration est préalablement centrée sur la plage lumineuse qui apparaît lorsqu'on éclaire convenablement le tube à pyrogénation. Les substances qui distillent sont ainsi dirigées vers une surface circulaire de 3 à 4 mm de diamètre où sont facilement adsorbés les quelques microgrammes qui suffisent pour une chromatographie.

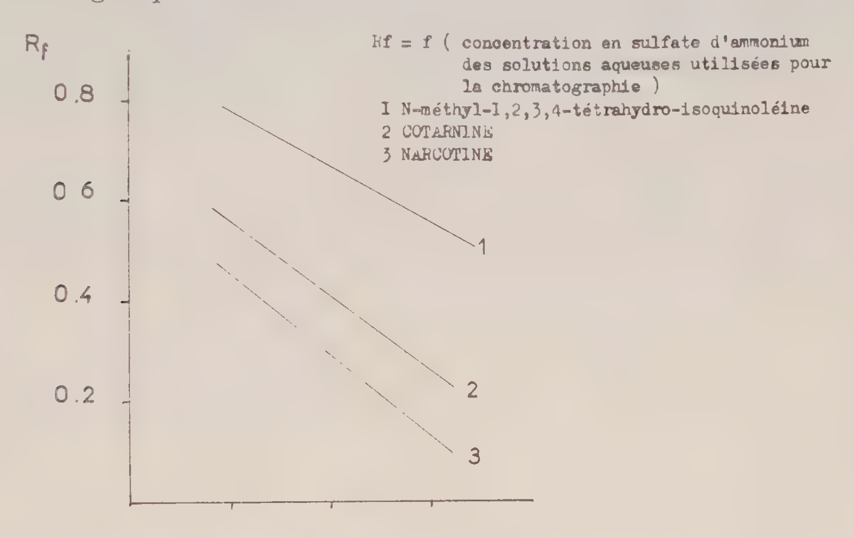
Les distillats se condensent en formant une pellicule qu'il est nécessaire de faire pénétrer dans le papier pour obtenir des spots sans traînées. On obtient une diffusion satisfaisante en imprégnant les microdépôts d'une goutte d'eau chlorhydrique à 2 % qu'on laisse sécher à l'air.

Les pyrogénations doivent être conduites en chauffant progressivement de manière à limiter la formation inévitable de goudrons. Ceux-ci peuvent perturber la chromatographie en provoquant la distorsion du front liquide dans la phase que Schute appelle « l'extraction des spots » [1]. L'utilisation des solutions aqueuses d'électrolytes pour développer les chromatogrammes [2] permet d'atténuer efficacement cet inconvénient : il suffit d'humecter les microdépôts avec 2 à 3.10^{-3} ml d'eau distillée, juste avant de chromatographier.

Ces modifications à la technique chromatographique habituelle n'ont en général pas de répercussion sensible sur les R_f lorsque les chromatogrammes sont développés sur une vingtaine de centimètres. Cependant il est parfois nécessaire de se référer à des substances témoins chromatographiées rigoureusement dans les mêmes conditions que l'essai.

Les sels d'alcoylquinoléinium ou d'alcoylisoquinoléinium libèrent très facilement de la quinoléine ou de l'isoquinoléine identifiables par chromatographie à partir de prises d'essai inférieures à 1 mg. La pyrogénation de la cinchonine fournit de la lépidine (méthylquinoléine), celle de la quinine une méthoxylépidine dont les R_f sont systématiquement inférieurs à ceux de la lépidine [3]. La narcotine libère une base dont les

caractéristiques chromatographiques sont sensiblement les mêmes que celles de la cotarnine obtenue en traitant la narcotine par de l'acide nitrique dilué à chaud. Cette analogie implique que la substance obtenue par pyrogénation possède une constitution peu différente de celle de la cotarnine ([3]) et, notamment, que les substituants du noyau hétérocyclique de la narcotine (un pont dioxyméthylène et un groupe méthoxylé) n'ont pas été altérés. Nous constatons d'autre part que la N-méthyl-1.2.3.4-tétrahydro-isoquinoléine a des caractéristiques chromatographiques nettement différentes de celles de la cotarnine (*fig.*), ce qui démontre l'influence des groupes substitués de cet alcaloïde.



La pyrogénation d'alcaloïdes tétracycliques de la série protoberbérique s'effectue sur 2 à 3 mg de produit; elle conduit à des bases isoquinoléiques substituées utilisables comme éléments de référence pour déterminer chromatographiquement si un alcaloïde indéterminé appartient à cette série ([4]).

La pyrogénation calcique permet de mettre en évidence le noyau indol d'alcaloïdes tels que la strychnine, l'ésérine ou la harmine. Cependant, l'indol ne peut être chromatographié avec des solutions aqueuses, car il diffuse rapidement dans le papier humide; il doit être caractérisé à l'emplacement où il a été adsorbé. Pour cela, nous avons recours à deux réactifs : l'un à la vanilline ([5]) donnant une coloration rouge, l'autre au paradiméthylaminobenzaldéhyde ([6]) donnant une coloration violette. Les réactifs sont utilisés en irriguant la plage d'adsorption avec une micropipette de manière à provoquer la pénétration du liquide dans le papier sur un rayon de 7 à 8 mm. L'indol diffuse avec la zone frontale du réactif et donne des franges circulaires colorées lorsqu'on fait sécher lentement le papier. Ces essais ne nécessitent pas plus de 1 mg d'alcaloïde.

Notre technique convient également pour l'étude rapide d'alcaloïdes volatils de certains échantillons végétaux. C'est ainsi que la pyrogénation de 3 mg de tabac en présence de poudre de chaux permet de réaliser la chromatographie correcte de la nicotine. Des graines de ciguë (*Conium maculatum*) et de genêt (*Sarothamnus scoparius*) sont utilisables dans des conditions semblables.

(1) J. B. Schute, *Meded. Vlaam. Chem. Var.*, 1, n° 15, 1953.
(2) A. Resplandy, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2527.
(3) A. Resplandy, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 496.
(4) A. Resplandy, *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 725.
(5) Vanilline, 1; acide phosphorique, 20; éthanol, 100.
(6) *p*-benzaldéhyde, 1; acide phosphorique, 20; éthanol, 100.

PHYSIOLOGIE. — *Anesthésie au gaz carbonique et suppression réversible des effets de l'anesthésie à l'éthyle carbamate (uréthane) par le gaz carbonique chez la Roussette* (Scyliorhinus Canicula, *Linné*). Note de MM. **Édouard Coraboeuf** et **Yves-Michel Gargouïl**, présentée par M. Léon Binet.

Au cours de recherches de microélectrophysiologie cardiaque, *in situ*, effectuées au Laboratoire Arago de Banyuls-sur-Mer, nous avons été amenés à effectuer des expériences d'une durée de plusieurs heures sur des Roussettes anesthésiées. Ceci nous a conduit à déterminer, sur les animaux mis à notre disposition, les concentrations en anesthésiques les plus propres à nous assurer les anesthésies durables et profondes dont nous avions besoin, en évitant toutefois les risques d'arrêt de la respiration.

Anesthésie à l'uréthane. — Après quelques essais à l'aide de divers anesthésiques, nous nous sommes limités à l'éthyle carbamate qui reste, semble-t-il, pour la Roussette, l'anesthésique de choix. Reprenant un procédé connu, nous immergions, dans un premier temps, l'animal dans une solution d'uréthane dans l'eau de mer relativement concentrée (solution A) puis, lorsque l'anesthésie était installée, nous le transportions dans une solution diluée (solution d'entretien B) (1).

La concentration en uréthane de la solution A était de 10 à 20 g/l (1 ou 2 %). La solution à 2 % nous a donné, de façon générale, les meilleurs résultats à condition de surveiller constamment l'animal. L'anesthésie s'installe en effet très rapidement : en 1 à 2 mn l'activité cesse, l'animal s'immobilise sur le dos au fond du récipient dans lequel il est placé. La respiration, appréciée par le mouvement des ouïes, s'affaiblit considérablement et s'arrête assez vite si l'animal n'est pas transporté dans une solution plus diluée en anesthésique. La solution d'entretien B contenait dans nos expériences entre 1,2 et 1,4 g/l d'uréthane. Nous avons choisi

la concentration 1,3 g/l qui nous a donné une immobilité totale pendant des hèures, sauf traitement particulier.

Anesthésie au CO_2. — Nous avons, au cours de nos essais, essayé l'anesthésie par le gaz carbonique.

Voici le protocole d'une de ces expériences : l'animal, de taille moyenne, est immergé dans un bassin d'eau de mer à 20°, de 50 l environ et l'on réalise, dans ce bassin, au moyen d'une capsule de verre fritté, un barbotage énergique de CO_2 pur; 1 mn 30 à 2 mn après le début du barbotage, l'animal présente une agitation spectaculaire, cherchant à remonter les parois du bassin et à sortir de l'eau. Après 4 mn, il redescend et s'immobilise sur le fond; de brèves périodes d'agitation se manifesteront encore; 10 à 12 mn après le début du barbotage, il se retourne sur le dos, en état de narcose profonde. On arrête le barbotage de CO_2 quelques minutes plus tard (temps 17 mn) et l'on transporte l'animal dans l'eau de mer normale. Au temps 19 mn 30 il se replace sur le ventre et commence à se mouvoir très doucement. Il passe ensuite par une phase d'hyperexcitation, notablement plus courte et plus faible qu'au cours de l'établissement de l'anesthésie; 21 mn 30 après le début de l'expérience, c'est-à-dire moins de 5 mn après la suppression du CO_2, il a retrouvé un comportement apparemment normal.

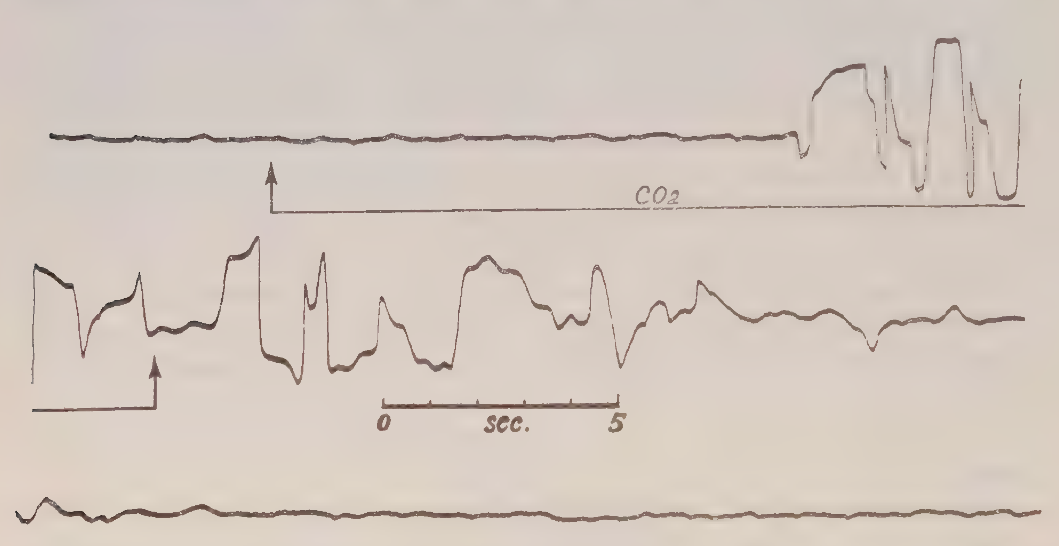
La narcose par le CO_2 et la phase préliminaire d'hyperexcitation ne sont certes pas des phénomènes nouveaux. Il est cependant intéressant de noter que le CO_2 constitue chez la Roussette un anesthésique d'autant plus souple d'utilisation que sa suppression entraîne, dès les premières minutes, l'apparition d'une hyperexcitation non négligeable qui favorise le réveil. Il convient sans doute, de ce fait, fort bien aux interventions de courte durée. Nous ne l'avons pas essayé pour les interventions durables, pour des raisons d'approvisionnement.

L'apparition d'une phase d'hyperexcitation extrêmement importante avant l'installation de la narcose par le CO_2 n'est pas pour surprendre. On sait en effet que certains centres sont excités par le CO_2 (centre respiratoire, substance réticulée).

On sait également que si le CO_2 présente sur les nerfs périphériques de Batraciens ou de Mammifères un effet normalement et très généralement inhibiteur (2) [à quelques exceptions près (3)], il provoque par contre sur la chaîne ganglionnaire d'Insectes (Blattes) un effet excitant très marqué (4), (5).

Suppression de l'effet narcotique de l'uréthane par le CO_2. — Devant l'ampleur de l'accroissement d'excitabilité qui précède, chez la Roussette, l'apparition de la narcose au CO_2, nous nous sommes demandés s'il ne serait pas possible de supprimer, par application de ce gaz, les effets inhibiteurs provoqués par l'uréthane. C'est ce que l'expérience a vérifié.

Voici le protocole d'un des essais effectués : On place une Roussette de taille moyenne dans 10 l d'eau de mer contenant 1,3 g/l d'uréthane à 20°. Cette Roussette préalablement traitée par l'uréthane, demeure au fond du bac, inerte, sur le dos. On installe, comme précédemment, un barbotage de gaz carbonique pur au temps zéro. Au bout de 1 mn on assiste à un véritable réveil de l'animal. Celui-ci, en effet, se replace sur le dos et se met



Enregistrement des mouvements traduisant le réveil d'une Roussette anesthésiée à l'uréthane sous l'effet d'un barbotage de gaz carbonique. En absence de CO_2, on réalise un barbotage d'oxygène pur.

à nager. On supprime alors le barbotage de CO_2 et l'on agite l'eau pour activer le départ du gaz; 4 mn plus tard, soit au temps 5 mn, l'animal redevient de nouveau immobile et reste sur le dos. Une nouvelle application de CO_2, dans les mêmes conditions que précédemment, détermine au bout de 30 s le réveil, puis l'apparition d'une hyperexcitation relativement importante. On continue le barbotage, en augmentant d'ailleurs son intensité; 3 mn plus tard, soit au temps 8 mn 30, l'animal est de nouveau sur le dos, en anesthésie profonde, allant jusqu'à l'arrêt respiratoire complet. Il est nécessaire, pour le réanimer rapidement, de le placer la gueule ouverte sous un courant d'eau de mer abondant. Le passage, dans les ouïes, de cette eau bouillonnante et donc bien oxygénée, fait reprendre les mouvements respiratoires en 1 mn environ. L'animal replacé dans l'eau de mer ordinaire, nage normalement 1 mn 30 plus tard.

Des enregistrements de ce phénomène de réveil ont été effectués en milieu de très faible volume (500 ml) grâce à un dispositif électrique mis en action par les mouvements de l'animal. Ceux-ci se traduisent alors par des déflexions du tracé d'autant plus amples que les mouvements sont plus violents. Le barbotage gazeux a lieu dans la région des ouïes, ce qui

diminue au maximum le temps au bout duquel se manifestent les effets des gaz étudiés. Le temps de latence tombe dans ces conditions à une dizaine ou une quinzaine de secondes.

La figure donne un exemple de tels enregistrements : le CO_2 provoque un réveil rapide; le retour à l'oxygène, en chassant le CO_2, provoque de nouveau le sommeil.

(1) K. Herter, *Die Fischdressuren und ihre sinnesphysiologischen Grundlagen*, Akademie Verlad, Berlin.

(2) E. Coraboeuf, *J. Physiol.*, **46**, 1954, p. 745.

(3) E. Coraboeuf, J. Boistel et Wallon, *C. R. Soc. Biol.*, **149**, 1955, p. 1869.

(4) J. Boistel et E. Coraboeuf, *J. Physiol.*, **47**, 1955, p. 209.

(5) J. Boistel et E. Coraboeuf, *Congrès Inter. microphysiologie*, Paris, juillet 1955.

PHYSIOLOGIE. — *Appareillage pour mesure automatique de la vitesse de sédimentation globulaire.* Note de M. **Jacques Llory** (1), présentée par M. Léon Binet.

Les techniques classiques de mesure de la vitesse de sédimentation globulaire consistent à mesurer :

— soit l'espace parcouru par les globules dans un temps donné (1 et 2 h : méthode de Westergren);

— soit le temps nécessaire pour parcourir une longueur donnée (18 mm : méthode de Linzenmeier).

Ces mesures se font avec, comme origine, le moment où le sang est mis dans le tube; or il existe au début de la sédimentation une période de « démarrage » de durée très variable pendant laquelle la vitesse de sédimentation n'est pas uniforme; en tenant compte de ce temps de début dans la mesure de la vitesse de sédimentation on commet une erreur parfois importante.

D'autre part, la méthode de Westergren qui est la plus utilisée dans la pratique courante car de réalisation plus simple, donne des résultats très inexacts lorsque la sédimentation complète se produit au bout d'un temps inférieur à 1 h, c'est-à-dire pour les sangs à vitesse de sédimentation très élevée.

La vitesse de sédimentation « réelle » doit donc être mesurée pendant le temps où le mouvement de chute des globules est uniforme.

La méthode en apparence la plus simple consiste à mesurer l'espace parcouru par les globules toutes les minutes et construire la courbe espace parcouru en fonction du temps; la pente de la partie rectiligne représente la vitesse de sédimentation « réelle ». Ce procédé est long et donc inapplicable dans la pratique courante.

Nous avons mis au point [2] une technique photoélectrique permettant d'obtenir automatiquement une courbe de même signification que la précédente, mais le matériel utilisé et l'interprétation des courbes obtenues font de ce montage un appareil de laboratoire plus que de pratique clinique journalière.

L'appareillage que nous présentons ici permet d'obtenir très simplement et automatiquement la vitesse de sédimentation « réelle ».

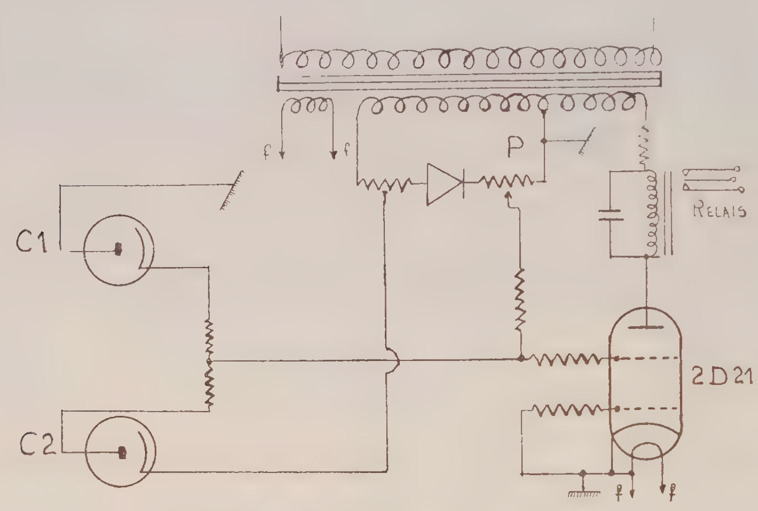


Schéma de principe du relais.

C_1, cellule photoélectrique supérieure; C_2, cellule photoélectrique inférieure; P, potentiomètre de réglage; 2 D 21, thyratron, tetrode à gaz rare; Relais, relais électromagnétique actionnant le compteur de temps.

Principe de la méthode. — La méthode consiste à mesurer *automatiquement* le temps nécessaire aux globules pour parcourir 10 mm dans la période pendant laquelle la vitesse est constante.

Nous avons constaté par de nombreuses expériences sur des sangs normaux ou pathologiques que si le temps de « démarrage » de la sédimentation est très variable, par contre, l'espace parcouru par les globules pendant ce temps est toujours inférieur à 3 mm.

Nous mesurons donc la vitesse entre 4 et 14 mm. Une source de lumière envoie, à travers deux fentes horizontales distinctes, deux faisceaux lumineux minces qui tombent sur le tube de sang en cours de sédimentation :

— le premier à 4 mm au-dessous de la surface;

— le deuxième à 14 mm au-dessous de cette même surface.

Au début de l'opération, les globules par leur densité optique élevée arrêtent pratiquement la lumière des deux faisceaux.

Lorsque les globules ont sédimenté de 4 mm, la densité optique du plasma étant beaucoup plus faible que celle du sang total, une certaine

intensité lumineuse traverse le tube et vient tomber sur une cellule photoélectrique qui, par l'intermédiaire d'un relais électronique, déclenche un compteur de temps.

Lorsque les globules ont parcouru 10 mm de plus, le même phénomène se produit pour le deuxième faisceau qui, par une deuxième cellule, arrête le compteur de temps.

Par lecture de ce dernier (cette lecture peut être effectuée au bout d'un temps quelconque après la sédimentation), on obtient le temps mis par les globules pour parcourir 10 mm, donc la vitesse de sédimentation réelle.

Principe du relais. — L'enclenchement et l'arrêt du compteur de temps se font par l'intermédiaire d'un relais à thyratron alimenté en courant alternatif.

La commande du thyratron se fait par la grille écran afin d'augmenter la sensibilité; la grille est reliée à la masse par l'intermédiaire d'une résistance.

Le potentiomètre P permet de régler la polarisation de la grille écran à une valeur voisine de l'accrochage, lorsque les cellules ne reçoivent pas de lumière (tube rempli de sang avant sédimentation).

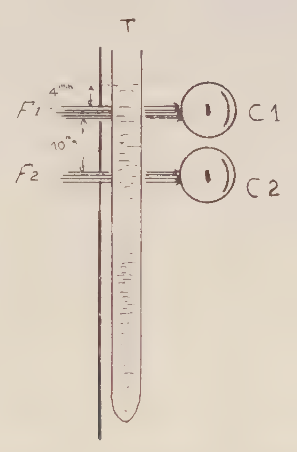


Schéma de principe du dispositif optique.

T, tube de sang en voie de sédimentation; F_1 et F_2, faisceaux lumineux; C_1 et C_2, cellules photoélectriques.

Les cellules photoélectriques C_1 et C_2 sont reliées en sens inverse à la grille écran par l'intermédiaire de résistances de protection. Elles sont soumises à des différences de potentiel de signes contraires.

Lorsque la cellule C_1 reçoit de la lumière, le potentiel de la grille écran est modifié, le thyratron « accroche »; le courant circule dans le relais électromagnétique qui enclenche le compteur de temps.

Celui-ci fonctionnera jusqu'à ce que la cellule C_2 soit éclairée, à ce

moment le potentiel de grille varie en sens inverse, le thyratron se bloque, le compteur s'arrête et reste indéfiniment dans cette position.

(1) Avec la collaboration technique de R. Alzas.

(2) *C. R. Soc. Biol.*, 150, nos 8-9, 1956, p. 1593; *Journal de Physiologie* (sous presse).

(*Laboratoire de Physique biologique, Faculté de Médecine de Montpellier.*)

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Quelques données sur la neurosécrétion chez le Diplopode* Tachypodoiulus albipes *C. L. Koch*. Note de M. **François Sahli**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

L'étude du Diplopode *Tachypodoiulus albipes* C. L. Koch nous permet de signaler chez ce Iulide la présence de deux groupes pairs de cellules neurosécrétrices protocérébrales, d'un groupe de cellules nerveuses acidophiles tritocérébrales, de deux groupes pairs de cellules neurosécrétrices dans le ganglion sous-œsophagien et d'une voie de neurosécrétion le long du collier périœsophagien.

Pour les Diplopodes c'est Gabe (1) qui le premier a signalé la présence de cellules neurosécrétrices protocérébrales, d'une glande endocrine céphalique et d'une voie axonale cellules neurosécrétrices-glande endocrine. Selon cet auteur les cellules neurosécrétrices des huit espèces étudiées sont localisées médialement par rapport au *globulus* II. Quant à la glande endocrine céphalique, son emplacement est variable : en position latérocérébrale chez les Polydesmides, les Nématophores et les Glomérides, en position latéroaborale chez les Iulides.

Notre étude a principalement pour objet le Iulide *Tachypodoiulus albipes* C. L. Koch, 1838. Parmi les colorations nous avons surtout utilisé la fuchsine-paraldéhyde-hématoxyline-picroindigocarmin de Gabe, accessoirement l'hématoxyline chromique-phloxine de Gomori et les colorations trichromes de Masson (variante de Foot) et de Prenant (variante de Gabe).

L'examen de nombreuses séries de coupes de *T. albipes*, à différents états et stades, nous conduit à signaler chez ce Iulide la présence :

— de deux groupes pairs de cellules neurosécrétrices protocérébrales que nous appellerons, du fait de leur voisinage respectif, le groupe des *globuli* I et le groupe des *globuli* II [selon la terminologie d'Holmgren (2)];

— d'un groupe pair de cellules nerveuses fortement acidophiles tritocérébrales;

— de deux groupes pairs de cellules neurosécrétrices dans le ganglion sous-œsophagien;

— d'une voie de neurosécrétion le long du collier périœsophagien reliant le cerveau avec la chaîne nerveuse ventrale.

Le groupe des *globuli* I se compose de deux amas, symétriques par

rapport au plan sagittal, de cellules neurosécrétrices réparties à la partie superficielle et dorsale de l'écorce cérébrale; elles se trouvent, sur coupes frontales, en position postérieure (aborale) ou latérale (externe ou interne) par rapport aux *globuli* I correspondants. Le groupe des *globuli* II, celui qui a été signalé par Gabe, se compose d'éléments situés dans l'écorce ganglionnaire médialement par rapport aux *globuli* II. Le produit de sécrétion des deux groupes protocérébraux se colore fortement en violet par la fuchsine-paraldéhyde de Gabe et en bleu noir par l'hématoxyline chromique de Gomori.

Les cellules tritocérébrales signalées plus haut forment un amas situé de part et d'autre de la commissure transverse de l'anneau périœsophagien; leur cytoplasme présente une forte acidophilie : tel est notamment leur comportement à l'égard de la fuchsine S et de l'éosine. Après oxydation permanganique ces cellules peuvent perdre leur acidophilie et se colorer par exemple en bleu pâle à l'hématoxyline chromique dans les conditions techniques de la coloration de Gomori.

Les cellules neurosécrétrices du ganglion sous-œsophagien forment deux amas pairs situés dans la moitié aborale du ganglion, face ventrale. Ces cellules présentent les mêmes affinités tinctoriales que les cellules neurosécrétrices protocérébrales; leur taille est celle des neurones banaux. Les images de cheminement axonal sont peu nettes si bien que la destinée du produit de neurosécrétion n'a pu être précisée.

Outre le système cellules neurosécrétrices-glande cérébrale [Gabe ([1])] les colorations à la fuchsine-paraldéhyde et à l'hématoxyline chromique mettent en évidence l'existence d'une voie de neurosécrétion le long du collier périœsophagien. C'est, dans le plan horizontal, dans la région comprise entre le pont stomato-gastrique et le « corps médial » antérieur [Holmgren ([2])], que deviennent visibles les premières gouttelettes de sécrétion sous la forme d'une traînée médiane perpendiculaire au nerf récurrent. Cette traînée se divise ensuite en deux branches, une pour chaque arc de l'anneau périœsophagien. Les gouttelettes migrent le long de la face interne de l'anneau et parviennent ainsi jusque dans le ganglion sous-œsophagien; elles forment là deux filets longitudinaux paramédians, à la face dorsale de la masse nerveuse; les traînées se poursuivent en direction aborale dans la chaîne ventrale. Cette voie de neurosécrétion a probablement une origine protocérébrale; nous avons pu mettre en évidence sa présence chez tous les Diplopodes examinés à ce sujet : les Opisthospermophores *Schizophyllum sabulosum* L., *Leptoiulus simplex glacialis* Verh., *Iulus scandinavius* Latz., *Cylindroiulus silvarum* Mein., *Cylindroiulus teutonicus* Poc., *Typhloblaniulus troglobius gibbicollis* Brol., et les Protérospermophores *Polydesmus angustus* Latz., et *Orthomorpha gracilis* C. L. K.

L'étude de cette voie cerveau-chaîne ventrale ainsi que des recherches histologiques concernant les rapports des cellules neurosécrétrices et de la glande cérébrale avec le cycle de mue, l'accouplement et la ponte sont en cours.

(1) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 828.
(2) *Kungl. Svenska Vetenskasakad. Hdl.*, 56, 1916, p. 1-303.

HISTOCHIMIE. — *Sur la sécrétion de composés phénoliques intervenant dans la stabilisation de la substance cémentaire du tube chez* Sabellaria alveolata (*L.*), *Annélide Polychète*. Note de M. **Jean Vovelle**, présentée par M. Louis Fage.

Des zones glandulaires superficielles bien localisées interviennent chez *Sabellaria alveolata* (L.) par la sécrétion de polyphénols assez labiles, au cours du tannage des protéines qui réalisent la consolidation du tube. L'oxydation de ces substances doit être favorisée par des sécrétions enzymatiques de deux types : oxydasique et peroxydasique.

La substance cémentaire qui solidarise entre eux les fragments de coquilles constituant l'essentiel du tube de *Sabellaria alveolata* (L.) se présente sous forme de sphérules élaborées par des massifs cellulaires qui occupent tout le cœlome des métamères parathoraciques. Dans une précédente Note (1), j'ai précisé histochimiquement la nature de ces sphérules (protéines à noyau aromatique), et j'ai suggéré qu'elles se trouvent stabilisées en scléroprotéines après leur élimination, dans la paroi du tube, sous l'action notamment d'une oxydase élaborée par la zone sous-épidermique de la face ventrale du premier et, partiellement, du second métamère parathoracique. L'enzyme en question (catéchol-oxydase) est éliminée en même temps que des grains baculiformes de substance «mucoïde» qui lui servent de substrat; elle est détruite par immersion de la pièce quelques secondes dans l'eau bouillante, ou 30 s dans l'eau à 90°, et conservé par des fixateurs comme l'alcool ou le formol : toutes propriétés caractéristiques des oxydases.

L'objet de la présente Note concerne principalement un troisième type de formations élaboratrices qui complètent le complexe glandulaire ainsi défini. Par leur situation sous-épidermique et leurs prolongements évacuateurs, les cellules qui les composent rappellent les cellules à enzyme. Sur des coupes histologiques colorées par des techniques topographiques, après emploi d'un fixateur banal (Azan sur pièce fixée au Bouin par exemple), elles peuvent passer inaperçues : leur cytoplasme légèrement acidophile est très altéré, vacuolaire, et semble vidé par les techniques préparatoires. Des reconstitutions, et des montages *in toto* après coloration spécifique, les localisent suivant une bande bien délimitée sur la face

ventrale du troisième métamère parathoracique, dans une situation homologue du massif glandulaire à enzyme. De plus, on les retrouve sur chaque métamère abdominal, comme deux petites taches symétriques à la face externe des rames neuropodiales, près du néphridiopore.

La mise en évidence de ces zones glandulaires permettant en outre de préciser la nature de leur sécrétion, a pu être réalisée grâce à l'emploi de fixateurs à valeur histochimique, suivi de l'examen des pièces *in toto*. A leur niveau, le fixateur de Regaud, ou l'iodate de potassium en solution formolée, révèlent une réaction chromaffine nette, qui se traduit par un brunissement. Les fixateurs osmiés manifestent aux mêmes endroits un noircissement immédiat et sélectif, soulignant le caractère réducteur des produits de sécrétion; caractère qu'on retrouve à l'aide d'une solution de nitrate d'argent ammoniacal, utilisée sur pièce fraîche avec des précautions particulières. Enfin, ces localisations prennent une teinte noir-verdâtre sur des pièces fraîches immergées dans une solution de perchlorure de fer. Toutes ces techniques réalisées sur pièces caractérisent la sécrétion étudiée comme un polyphénol.

Une contre-épreuve : l'emploi de sels de diazonium sur pièces, avec couplage à un pH alcalin, a nécessité une fixation préalable de l'animal. Elle a permis de mettre en évidence l'influence de divers agents fixateurs sur la conservation en place des produits étudiés.

Après une fixation de 15 mn au formol neutre salé, une réaction positive par couplage avec des sels de diazonium révèle les localisations précédemment définies. On l'obtient avec une intensité maximum après une fixation de 1 h, puis elle décroît. Après 24 h, très faible, elle interfère avec une oxydation spontanée des composés phénoliques, marquée par un jaunissement.

Une minute de fixation préalable à l'alcool 70° suffit pour obtenir une réaction positive, qui est maximum après 15 mn, et pratiquement nulle après 3 h de fixation. Ce résultat, entre autres, donne à penser que la substance étudiée est soluble dans l'alcool, particularité qui éclaire les difficultés de sa mise en évidence. Elle est à coup sûr éliminée sur les coupes à la paraffine de pièces fixées par un fixateur banal, et les techniques histochimiques sont rendues inefficaces sur lame.

En formant un complexe avec la sécrétion, les fixateurs à valeur histochimique vis-à-vis des polyphénols (fixateurs osmiés et bichromatés) ont cependant permis l'étude cytologique convenable des cellules sécrétrices, qui apparaissent dans ce cas remplies de minuscules granulations régulières.

Si les techniques précédemment citées convergent pour définir la substance éliminée comme un composé phénolique, et plus précisément comme un orthodiphénol, la labilité particulière du produit, son manque de

réactivité avec certains colorants spécifiques, donnent à penser qu'il ne comporte pas de substrat protéique.

L'aspect histologique des deux types de localisations glandulaires étudiées, thoracique et abdominale, est identique. Toutefois, la densité des cellules à sécrétion phénolique des massifs abdominaux pairs est moins grande : entre elles s'intercalent des cellules bourrées de petites sphérules présentant les caractères histochimiques des mucopolysaccharides acides. A la périphérie de ces sphérules, la réaction à la benzidine suivant la technique de M. Prenant révèle des activités peroxydasiques. Ces données sont à rapprocher de résultats comparables obtenus par M. Prenant (2) et Defretin (3) chez d'autres Polychètes.

En somme, la mise en évidence de cette catégorie de cellules glandulaires élaboratrices de polyphénols chez *Sabellaria alveolata* (L.) a été rendue difficile par la solubilité de leur sécrétion dans l'alcool. Elle complète les données précédemment fournies sur le tannage quinonique des protéines à noyau aromatique qui constituent les sphérules cémentaires. Il est vraisemblable que les polyphénols mis en évidence concourent notablement à la stabilisation des sphérules, après une oxydation sous l'influence d'enzymes élaborées par d'autres régions de l'animal (catéchol-oxydase, et probablement peroxydases). On peut comparer un tel processus à celui que Brunet (4), après Pryor (5), a mis en évidence au sujet de la formation de l'oothèque de la Blatte; trois types de sécrétions : protéine à noyau aromatique, polyphénol [acide protocatéchique, d'après Pryor (6)] et phénoloxydase, interviennent pour réaliser une maturation comparable.

(1) J. Vovelle, *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 2964.
(2) *Arch. Morph. Gen. Exp.*, 21, 1924.
(3) *Ann. Inst. Oc.*, 24, 1949, p. 117.
(4) *Quart. J. O. M. Sc.*, 93, 1952, p. 47.
(5) *Proc. Roy. Soc. London*, B, 1939, p. 378.
(6) *Biochem. J.*, 40, 1946, p. 627.

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Contribution à l'étude du fonctionnement thyroïdien d'un Dipneuste :* Protopterus annectens *Owen*. Note de M. **Jacques Leloup**, présentée par M. Maurice Fontaine.

L'étude de la fonction thyroïdienne d'un Dipneuste, le Protoptère, met en évidence une synthèse et une sécrétion des hormones thyroïdiennes relativement rapides et intenses pour un poïkilotherme. Les iodotyrosines (mono et diiodotyrosine) ont été caractérisées dans la thyroïde et les iodothyronines (3.5.3'-triiodothyronine et thyroxine) dans la thyroïde et le plasma.

La thyroïde du Protoptère, décrite en 1892 par Parker (1), est un organe

bien individualisé situé juste au-dessous de la symphyse hyoïdienne et constitué de deux lobes réunis par un isthme étroit. L'examen histologique montre une structure analogue à celle observée chez les autres Vertébrés : follicules thyroïdiens de taille variable renfermant de la colloïde indentée par des vacuoles de résorption. Depuis cette étude morphologique et histologique, à notre connaissance, aucune donnée sur le fonctionnement thyroïdien des Dipneustes n'a été apportée. Il était donc intéressant d'envisager ce problème en utilisant les méthodes modernes d'exploration de la fonction thyroïdienne.

Trois Protoptères femelles (*Protopterus annectens* Owen) provenant de la région de Dakar et reçus de M. le Professeur Monod, directeur de l'Institut Français d'Afrique Noire, ont été étudiés après un temps de stabulation plus ou moins long : trois mois pour le Protoptère 1, quinze à seize mois pour les deux autres. Les Poissons, maintenus dans une eau à la température de $26 \pm 1^\circ$ C, reçoivent une injection intrapéritonéale de 120 à 300 μC de ^{131}I sans entraîneur et sont sacrifiés 24 ou 72 h plus tard. Les radioactivités de la thyroïde, du plasma et de l'iode lié aux protéines du plasma (après précipitation des protéines par l'acide trichloracétique à 20 %) sont mesurées au compteur à scintillation. Les extraits butanoliques des plasmas et des hydrolysats trypsiques des thyroïdes sont chromatographiés, soit en butanol acétique, soit en butanol NH_4OH, 2 N, puis la radioactivité est mesurée le long du chromatogramme. Les dosages d'iode stable (^{127}I) sont effectués par la méthode de Lachiver et Leloup [2].

N°.	Poids de l'animal (g).	Poids de la thyroïde (mg).	Temps de sacrifice après ^{131}I (h).	^{131}I dans la thyroïde (% de la dose).	^{131}I pour 100 mg de thyroïde (% de la dose).	$\frac{T}{P}$.	^{127}I dans la thyroïde (µg).	^{127}I pour 100 mg de thyroïde (µg).
1.....	620	52	24	14	25,7	1 300	19,5	37,5
2.....	470	122	24	37,5	30,7	1 970	39,2	32
3.....	450	308	72	65,2	21,2	31 594	17,6	5,7

L'examen du tableau qui rassemble les résultats obtenus pour la thyroïde permet de dégager les faits suivants :

1° Bien que les poids des animaux étudiés soient assez comparables, ceux des thyroïdes sont très variables, la thyroïde du Protoptère 3 étant particulièrement hypertrophiée.

2° La fixation du radioiode rapide et importante (14 et 37 % de la dose à 24 h et 65 % à 3 jours) semble varier parallèlement au poids de la glande. En effet, rapportées à 100 mg de glande, les fixations sont assez voisines,

respectivement 25,7, 30,7 et 21,2 % de la dose pour les Protoptères 1, 2 et 3.

3° Le pouvoir de concentration de la thyroïde exprimé par le rapport

$$\frac{T}{P} = \frac{{}^{131}\text{I pour 100 mg de thyroïde}}{{}^{131}\text{I pour 100 mg de plasma}}$$

semble augmenter pour un même intervalle de temps après l'injection de ^{131}I avec le poids de la thyroïde.

4° L'iode stable thyroïdien varie de 17,6 à 39,2 μg. La teneur pour 100 mg de glande est d'autant plus faible que la thyroïde est plus hypertrophiée. L'iode thyroxinien (mesuré sur l'extrait butanolique de l'hydrolysat traité par Na OH, 4 N) représente 10 à 13 % de l'iode total.

L'étude chromatographique met en évidence la présence dans les hydrolysats de thyroïde des composés iodés rencontrés habituellement dans la thyroïde des autres Vertébrés : iodure, monoiodotyrosine, diiodotyrosine, thyroxine et 3.5.3′ triiodothyronine. Les deux iodotyrosines représentent 80 à 90 % de la radioactivité thyroïdienne; les hormones thyroïdiennes sont toujours en faibles quantités.

Dans le plasma, dont la radioactivité diminue rapidement en fonction du temps après l'injection (0,177 % de la dose par gramme de plasma à 24 h et 0,0067 % à 3 jours), les hormones thyroïdiennes apparaissent mais en faible quantité (1,5 % de la radioactivité totale du plasma) dès 24 h après l'injection de ^{131}I; leur proportion est très élevée (59 % de la radioactivité totale du plasma) chez l'animal sacrifié au temps 3 jours dont la thyroïde est très hypertrophiée. La chromatographie du plasma de ce dernier Protoptère révèle la présence d'iodure, de thyroxine et de 3.5.3′ triiodothyronine, cette dernière représentant environ le 1/5e de la thyroxine. La teneur en iode stable (^{127}I) du plasma est faible et relativement constante : 4,2 à 5,2 μg pour 100 ml. L'iode hormonal représente 27 à 61 % de l'iode du plasma, la valeur maxima étant observée chez le Protoptère 3.

L'ensemble de ces résultats traduit une activité thyroïdienne toujours importante. Elle est particulièrement élevée chez le Protoptère 3 : sa thyroïde hypertrophiée a une teneur en iode stable faible, fixe intensément le radioiode et sécrète rapidement les hormones thyroïdiennes dans le milieu intérieur; cette hyperactivité thyroïdienne peut être en relation, tout au moins *pro parte*, avec l'état génital, l'ovaire de ce Poisson étant plus évolué que celui des deux autres Protoptères étudiés. Quoiqu'il en soit des différences individuelles observées, le fonctionnement thyroïdien du Protoptère semble être plus intense que celui de la plupart des Poissons étudiés jusqu'ici, à l'exception d'un Téléostéen africain, le Periophthalme chez lequel les hormones thyroïdiennes sont sécrétées très rapidement

dans le milieu intérieur ([3]). L'activité thyroïdienne importante de ces deux espèces africaines peut résulter de la température élevée à laquelle est réalisée l'expérimentation mais une relation avec leur mode de respiration essentiellement aérienne n'est pas à exclure. Nous envisagerons dans un prochain travail les modifications profondes du fonctionnement thyroïdien au cours de l'estivation.

([1]) W. N. PARKER, *Trans. Roy. Irish Acad.*, 30, 1892, p. 109.
([2]) F. LACHIVER et J. LELOUP, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 31, 1949, p. 1128.
([3]) J. LELOUP, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 1765.

(*Laboratoire de Physiologie du Muséum, Paris.*)

EMBRYOLOGIE. — *La larve de* Galeodes arabs *C. L. K.* (*Arachnide, Solifuge*). Note de M. **MAX VACHON**, présentée par M. Louis Fage.

Les jeunes Solifuges venant d'éclore possèdent une morphologie et une organisation incomplète qui permettent de les qualifier de *larves*. L'étude de ce stade est extrêmement précieuse au point de vue embryologique et phylogénétique. La présente Note précise quelques-uns des caractères importants de ce stade chez *Galeodes arabs* C. L. K.

L'aspect des larves est très caractéristique (*fig.* 1 et 2) : pédipalpes et pattes ambulatoires 1 sont ramenés en arrière le long du corps par dessus les autres pattes, latéralement étendues. La larve, dans cette position, est incapable de se mouvoir.

Le *céphalothorax* ne porte aucune soie et deux sillons le partagent dorsalement en trois régions : l'antérieure correspondant ventralement à quatre segments : chélicères, pédipalpes, pattes 1 et 2, la médiane à celui des pattes 3 et la postérieure à celui des pattes 4. L'*abdomen*, si l'on tient compte des neuf paires de soies qu'il porte, ne serait donc fait que de neuf segments. Les *chélicères* à doigt mobile bien distinct (*fig.* 2) forment deux grandes cornes antérieures ; les doigts ne portent qu'une seule petite dent distale que nous considérons comme organe d'éclosion (*fig.* 4). Entre les chélicères, le *rostre* (*fig.* 3) porte ventralement deux processus entre lesquels s'ouvre la bouche donnant accès dans un pharynx à parois chitinisées. La région antérieure du tube digestif est donc bien développée à l'encontre de l'intestin terminal apparemment aveugle. En cet état, la larve semble ne pouvoir vivre qu'aux dépens de ses réserves vitellines.

Les *hanches* de tous les appendices (*fig.* 2), sauf celles des chélicères sont bien distinctes bien que non séparées axialement. Il n'y a aucune trace de sternites; les hanches des pédipalpes ont un processus antérieur conique bien développé et sont accolées à celles des pattes 1; elles sont

distantes des hanches des pattes 2 elles-mêmes séparées de celles des pattes 3 et 4 (*fig.* 2). La *segmentation des pattes* est difficile à préciser : selon les appendices, il y a cinq, six ou sept articles. Les pattes se terminent, distalement, par de petites griffes et le dernier article possède une soie dorsale. Les griffes sont semblables dans les pattes 2, 3 et 4 (*fig.* 7), mais diffèrent de celles des pattes 1 (*fig.* 6) et des pédipalpes (*fig.* 5).

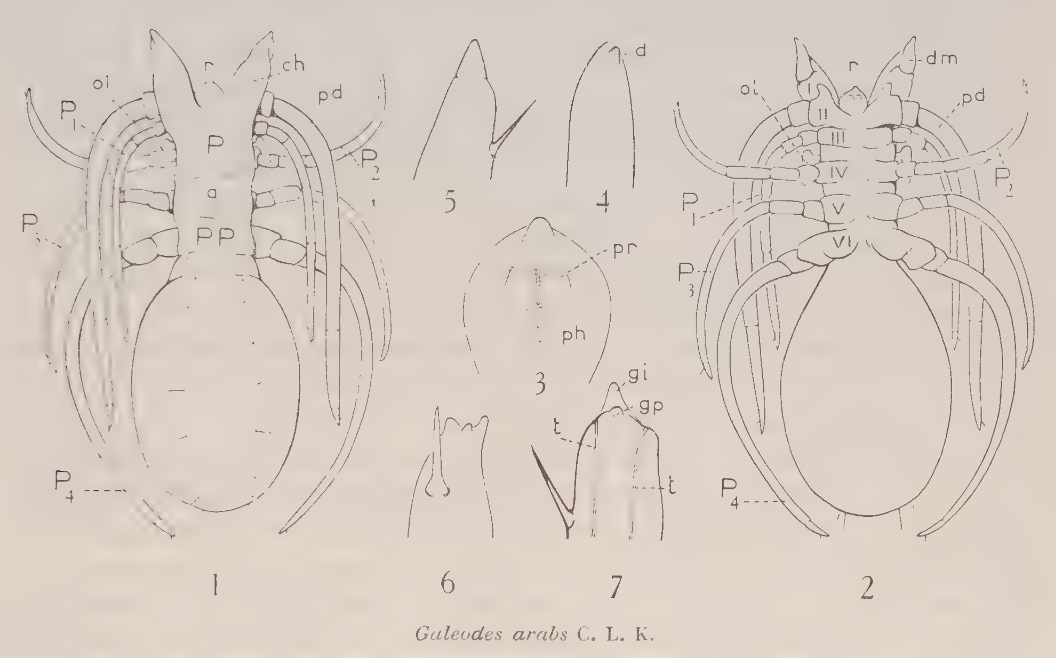
Entre les pattes 1 et 2, mais dorsalement, débouche dans le pleurum et de chaque côté, l'*organe latéral*, raquette allongée à court pédicule (*fig.* 2). Il n'y a, entre les pattes 2 et 3, aucun indice de stigmates et d'appareil respiratoire. L'abdomen ne porte aucune ébauche appendiculaire.

La larve de *Galeodes arabs* (Famille des *Galeodidæ*) diffère de celle de *Galeodes araneoides* décrite par A. Croneberg [1], en 1887, par les caractères suivants : neuf paires de soies abdominales au lieu de six ; pattes segmentées munies de griffes et d'une soie ; doigts des chélicères différenciés munis d'une petite dent distale. Nous pensons cependant, sauf en ce qui concerne le nombre des soies, que les autres caractères non retrouvés chez *G. araneoides* ont pu échapper à Croneberg. Il est important de souligner que, chez ces deux *Galeodes*, le céphalothorax est *dorsalement trisegmenté* et que ces trois segments correspondent à ceux que nous avons reconnus chez l'adulte et portés dans notre tableau de segmentation du corps des Solifuges [2].

Des différences plus importantes existent entre les larves de *Galeodes* et celle de *Solpuga hostilis* White (Famille des *Solpugidæ*) décrite par R. F. Lawrence en 1947 [3]. Les appendices n'ont pas la même position ; ils sont tous rabattus ventralement le long du corps, lequel porte 14 paires de longues soies dorsales : 8 abdominales et 6 céphalothoraciques. Des soies ventrales existent mais leur disposition métamérique est imprécise. Chez *S. hostilis*, les appendices, incomplètement segmentés, se terminent tous par une longue griffe impaire et, sauf les pattes 4, portent distalement une soie dorsale. L'organe latéral est présent mais peu apparent ; sa position est identique. R. F. Lawrence ne signale aucun épaississement chitineux à l'extrémité des doigts des chélicères, ni aucun processus face ventrale du rostre. Il y a donc entre les larves de ces deux familles de notables différences que, seul, l'examen d'autres larves de Solifuges permettra d'interpréter. C'est pourquoi nous avons confié, à l'un des élèves du Professeur A. Hollande d'Alger, l'étude des stades du développement des Solifuges en attirant son attention sur la morphologie, l'anatomie et la physiologie des larves.

Dès à présent — et parce que cela doit être étendu à l'ensemble des Arachnides — nous tenons à souligner la *valeur de la période larvaire*, pouvant comporter, comme chez les Araignées, plusieurs phases et plusieurs stades. Cette *période d'immobilité* au cours de laquelle les systèmes essen-

tiels (sauf reproducteur) ébauchés et mis en place au cours de l'époque précédente, embryonnaire, terminent leur édification, est *organogénétiquement très importante*. Les larves, enfin, sont intéressantes parce qu'elles possèdent des *organes spéciaux* : organes latéraux (Solifuges, Phrynes, Télyphones), organes métamériques des Scorpions et particulièrement



Galeodes arabs C. L. K.

Fig. 1 : Larve, vue dorsale (longueur totale : 8 mm). Fig. 2 : Vue ventrale. Fig. 3 : Rostre, vue ventrale. Fig. 4 : Chélicère, extrémité du doigt mobile. Fig. 5 : Extrémité du pédipalpe, vue dorsale. Fig. 6 : Extrémité de la patte 1, de profil. Fig. 7 : Extrémité des pattes 2, 3 ou 4, vue dorsale. Abréviations, a, tergites des arcs (métamère V); ch, chélicère; d, dent d'éclosion; dm, doigt mobile, chélicère; gi, griffe impaire; gp, griffe paire; ol, organe latéral; p, propeltidium (tergites métamères I à IV); pd, pédipalpe; ph, pharynx, vu par transparence; pp, postpeltidium (tergite métamère VI); pr, processus rostraux; p_1, p_2, p_3, p_4, pattes ambulatoires; r, rostre; t, tendons musculaires. Les chiffres romains précisent le rang des métamères.

l'organe de Laurie des Scorpions *Opisthophthalmus*. Ces organes ne doivent pas être considérés comme des vestiges mais comme des organes appartenant en propre aux larves et éliminés lors de la mue terminant la période larvaire. Cette mue, qui donne naissance à la première nymphe, inaugure une nouvelle période, physiologiquement très différente des précédentes. Au cours de la période larvaire, le matériel alimentaire d'origine vitelline est transformé par un système digestif incomplet et aveugle, en l'absence d'appareil respiratoire différencié. Il sera nécessaire, pour interpréter les organes larvaires, de connaître leurs rapports avec les systèmes digestif, circulatoire et excréteur existants, en un mot de préciser leur rôle vis-à-vis du milieu intérieur et lors des processus d'assimilation et d'excrétion.

(1) *Zool. Anz.*, **10**, n° **247**, 1887, p. 163-164, 2 figures.
(2) P.-P. Grassé, *Traité de Zoologie*, **6**, 1949, p. 489.
(3) *Proc. Zool. Soc. London*, **117**, 1947, p. 429-434, 2 figures.

EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Différenciation régionale des phanères de l'embryon de Poulet.* Note de M. **Philippe Sengel**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Le derme est l'inducteur du caractère régional de la différenciation épidermique. Quelle que soit son origine topographique, l'épiderme répond à l'induction dermique par la formation de germes plumaires ou d'écailles, selon la qualité du derme, dorsale ou tarso-métatarsienne.

La plus grande partie de la peau de l'embryon de poulet différencie, au cours du 7e et du 8e jour d'incubation, de petites papilles cylindriques qui sont les *germes plumaires*. Seules les régions du tarso-métatarse et du pied se couvrent, aux environs du 12e jour d'incubation, d'excroissances larges et plates, les *écailles* ou *scutelles*.

Les germes plumaires et les écailles sont constitués d'une gaine épidermique et d'une pulpe dermique. Il est possible, en faisant agir la trypsine diluée [*cf.* A. Moscona (1)], de scinder les ébauches de ces structures en leurs deux parties constituantes, derme et épiderme. En réunissant les fragments de derme et d'épiderme ainsi séparés, on réalise des associations « chimères » dont les constituants peuvent être d'âge et de nature différents. La méthode de culture d'organes de Ét. Wolff et K. Haffen (2) offre la possibilité de suivre l'évolution de ces associations *in vitro* et d'en étudier les différenciations.

De telles expériences ont déjà permis de définir le rôle du derme et de l'épiderme dans l'édification du germe plumaire (3) et dans la détermination de son orientation (4).

Il est admis depuis longtemps, et particulièrement depuis les observations de H. R. Davies (5), de P. Blaszyk (6) et de A. Gerber (7), que l'écaille et la plume (ou, plus exactement, le « complexe plumeux » de A. Gerber (7)) des Oiseaux sont des différenciations épidermiques homologues. Cette opinion n'a pas encore reçu de confirmation expérimentale et implique l'existence d'une bipotentialité de la peau de l'embryon d'Oiseau, capable de donner, selon le cas, des plumes ou des écailles.

Peut-on mettre en évidence cette bipotentialité et, par là même, expliquer le déterminisme du caractère régional des différenciations épidermiques ? Deux séries expérimentales répondent à ces questions. Les fragments de peau sont prélevés sur des embryons de poulet de la race Leghorn blanche, puis dissociés à la trypsine en leurs éléments dermique et épidermique.

Première série : Association de derme dorsal de 6 jours 3/4 et d'épiderme tarso-métatarsien de 12 jours d'incubation. — Le fragment de derme est découpé dans la région médiodorsale d'un embryon de 6 jours 3/4 d'incubation. Il comporte de 3 à 5 rangées d'ébauches plumaires dermiques. Le fragment d'épiderme est prélevé sur la face antérieure du tarso-métatarse d'un embryon de 12 jours d'incubation. Des sillons y indiquent déjà le contour des futures écailles. L'assise basilaire de l'épiderme est mise en contact avec la face supérieure du derme. Après 5 jours de culture, les associations de ce type présentent toutes de nombreux germes plumaires typiques, comme les fragments de peau dorsale témoins. Les explants témoins de peau de la région tarso-métatarsienne différencient des écailles.

Deuxième série : Association de derme tarso-métatarsien de 13 jours et d'épiderme dorsal de 6 jours 1/2 d'incubation. — Le fragment de derme est prélevé sur la face antérieure du tarso-métatarse d'un embryon de 13 jours d'incubation. Il présente deux rangées d'ébauches scutellaires dermiques déjà nettement dessinées. Le fragment d'épiderme est découpé dans la région médiodorsale d'un embryon de 6 jours 1/2 d'incubation. Les futurs germes plumaires n'y sont guère encore indiqués que le long de la ligne médiodorsale, où, de place en place, pointe une très faible convexité. L'assise basilaire de l'épiderme est mise en contact avec la face supérieure du derme. En 5 jours de culture, de telles associations développent deux rangées d'écailles bien formées se recouvrant les unes les autres comme les tuiles d'un toit. Comme dans la série précédente, les explants témoins de peau entière dorsale et tarso-métatarsienne se différencient selon leur caractère originel, les uns fournissant des germes plumaires, les autres des écailles.

Ces expériences mettent en évidence le rôle important du derme dans la différenciation de l'épiderme. C'est le derme qui, par son caractère propre, détermine le caractère régional des structures épidermiques. Le derme du dos induit des germes plumaires; le derme de la région tarso-métatarsienne induit des écailles.

Nos résultats s'accordent avec ceux de J. M. Cairns et J. W. Saunders, Jr. (²) qui, après l'implantation d'un fragment de mésoderme du bourgeon de la patte sous la cape apicale du bourgeon de l'aile, observent la formation d'un membre antérieur muni de doigts scutellés.

Nos expériences montrent de plus que, très tardivement encore au cours de l'organogenèse, la différenciation épidermique peut être déviée de sa destinée normale et, par conséquent, que le derme conserve jusqu'à un stade avancé son activité morphogène spécifique. Quelle que soit sa qualité topographique, l'épiderme est capable de fournir aussi bien des plumes que des écailles. La bipotentialité de la peau de l'embryon de poulet se trouve ainsi démontrée.

([1]) A. Moscona, *Exp. Cell. Res.*, 3, 1952, p. 535-539.
([2]) Ét. Wolff et K. Haffen, *Texas Rep. Biol. Med.*, 10, 1952, p. 463-472.
([3]) P. Sengel, *Experientia*, 13, 1957, p. 177-182.
([4]) P. Sengel, *Bull. Soc. zool.*, 82, 1957, p. 233-238.
([5]) H. R. Davies, *Morphol. Jb.*, 15, 1889, p. 560-645.
([6]) P. Blaszyk, *Gegenbaur's Morphol. Jb.*, 75, 1935, p. 483-567.
([7]) A. Gerber, *Rev. suisse zool.*, 46, 1939, p. 161-324.
([8]) J. M. Cairns et J. W. Saunders, Jr., *J. exp. Zool.*, 127, 1954, p. 221-248.

(*Laboratoire d'Embryologie expérimentale du Collège de France et du C. N. R. S.*)

ANTHROPOLOGIE. — *Constantes angulaires cranio-faciales*. Note (*) de MM. **Antoine Delattre** et **Raphaël Fenart**, présentée par M. Robert Courrier.

Leur application au profil crânien de l'Homme de la Quina en autorise une rectification.

De nombreuses mensurations prises sur des crânes de Primates et des crânes humains ont permis d'établir l'existence de rapports angulaires généralement constants qui règlent les positions de l'ouverture orbitaire

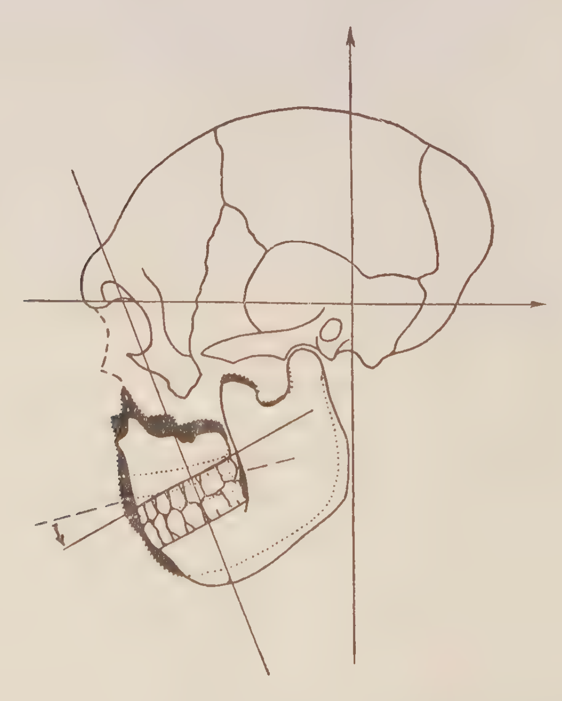


Fig. 1. — Crâne de l'Homme de la Quina orienté dans les axes vestibulaires. On a figuré en noir le profil donné par H. Martin, et en superposition celui que nous proposons. Noter la droite orbito-mandibulaire et la droite alvéolaire supérieure. Une flèche montre la rotation à effectuer.

et du plan alvéolaire relativement aux plans vestibulaires. Ces relations angulaires permettent d'orienter le massif facial par rapport au plan des canaux semi-circulaires latéraux. Appliquées au crâne de l'Homme de la Quina, elles ont permis d'en rectifier la position du massif facial.

Les normes de construction de la face humaine sont les suivantes (*fig.* 1) (1).

1° Un angle de 70° existe entre la direction du plan vestibulaire horizontal (plan des canaux semi-circulaires latéraux) et le plan défini par les points : orbitaire supérieur, orbitaire inférieur et le point symphysaire inférieur de la mandibule. La figure 2 montre la trace de ces deux plans sur le plan sagittal de la tête.

2° Un angle de 30° existe entre le plan vestibulaire horizontal et le plan alvéolaire supérieur, ainsi qu'avec la partie postérieure du plan palatin.

3° D'où il résulte qu'entre le plan orbito-mandibulaire et le plan alvéolaire existe un angle de 80°.

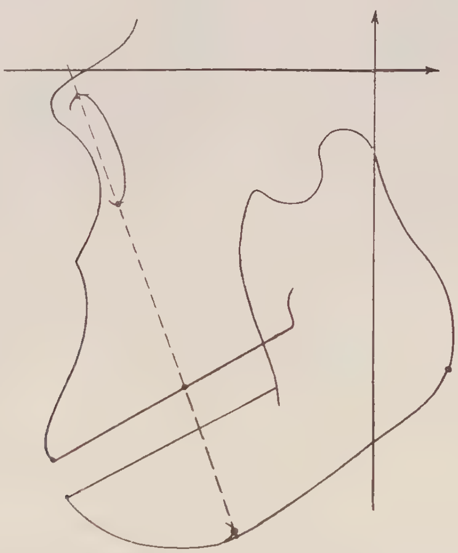


Fig. 2. — Face et mandibule de Gorille adulte mâle avec orientation vestibulaire. On y a figuré la droite alvéolaire supérieure et, en tirets, la droite orbito-mandibulaire.

Connaissant ces éléments, il est possible d'établir la position réelle des splanchnocrânes détachés des crânes fossiles.

Pour appliquer cette méthode au crâne de l'Homme de la Quina, nous lui avons donné préalablement une orientation vestibulaire approchée. Celle-ci a été établie grâce à une formule générale présentée en 1956 par R. Fenart (2). Cette formule est mathématiquement basée sur la courbure de la calotte cranienne. Elle a permis de donner au crâne de l'Homme de la Quina l'orientation vestibulaire de la figure 1.

Dès lors pour placer en position correcte le massif facial de l'Homme de

la Quina il a suffi de le faire tourner vers le bas et l'arrière d'un angle de 17° autour de ses condyles mandibulaires pris comme axes naturels.

(*) Séance dn 16 décembre 1957.

(1) A. DELATTRE et R. FENART, *Bull. Soc. Anthr.*, Paris, 1956.

(2) *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1149.

ZOOLOGIE. — *Sur l'organisation de* Chthamalophilus delagei J. Bocquet (*Crustacé Rhizocéphale*). Note de Mme **JACQUELINE BOCQUET-VÉDRINE**, présentée par M. Louis Fage.

Quatre formations impaires : ovaire, testicule, canal mésentérique, cavité incubatrice, représentent l'essentiel de l'organisation du sac externe, chez *C. delagei* adulte. L'insertion de l'ovaire sur une région pariétale opposée au pédoncule constitue le caractère anatomique le plus singulier du parasite.

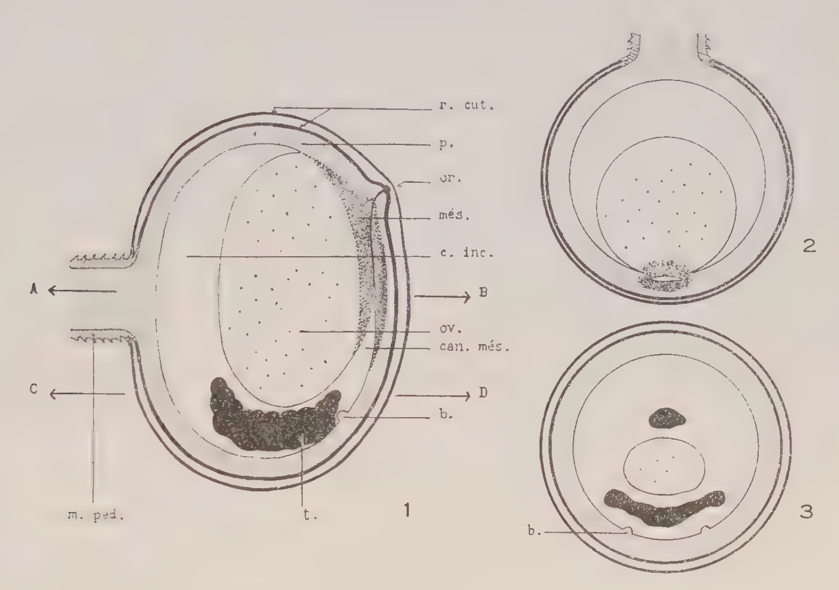
La morphologie de *Chthamalophilus delagei* J. Bocquet, Rhizocéphale vivant sur *Chthamalus stellatus*, a été décrite précédemment (1). Je dégagerai ci-dessous les traits essentiels de l'organisation du parasite externe adulte.

A. PÉDONCULE. — Le pédoncule, cylindrique et court, est recouvert d'un manchon squelettique épais, atteignant 15 à 20 μ, constitué par la soudure d'éléments sécrétés, à la base du sac externe, au cours des intermues successives de ce sac; le manchon semble, en raison de sa coloration orange après le Mallory, de nature épicuticulaire dans toute son épaisseur. L'épithélium pédonculaire, fait de cellules étroites et hautes, entoure une région centrale occupée par un tissu lacuneux dont les cellules sont allongées suivant l'axe du pédoncule.

B. SAC EXTERNE. — 1° *Étude topographique*. — Le grand axe de la masse externe, légèrement oblongue, détermine avec l'axe du pédoncule le plan de symétrie du *C. delagei* externe. Le corps est limité par une paroi qui sécrète la cuticule externe du parasite; ce revêtement comprend généralement deux couches cuticulaires bien séparées l'une de l'autre, qui se raccordent aux deux anneaux les plus distaux du manchon épicuticulaire du pédoncule; tout se passe comme si la plupart des parasites, ayant achevé la préparation d'une nouvelle mue, restaient relativement longtemps dans cette phase D_2 de leur cycle d'intermue. Quatre formations, toutes impaires : un ovaire, un testicule, une cavité incubatrice, un canal mésentérique sont les seuls éléments d'organisation, auxquels il faudra sans doute ajouter un ganglion nerveux que les techniques histologiques employées ne m'ont pas encore permis de déceler.

L'ovaire est une masse oblongue, allongée dans le même sens que le sac externe et s'étendant sur les deux tiers environ de sa longueur; refoulé

à un pôle, contre la paroi opposée au pédoncule, il s'attache largement sur cette paroi par un mésentère en forme de calotte. Le canal mésentérique, qui fait communiquer la cavité incubatrice avec l'extérieur, est creusé dans l'épaisseur de cette calotte; son orifice, situé près du pôle, est une petite fente transversale, obturée par un bouchon de chitine et bordée par deux lèvres saillantes; le canal s'allonge dans le plan de symétrie,



Chthamalophilus delagei; schémas représentant l'organisation du sac externe. Fig. 1 : Coupe suivant le plan de symétrie. Fig. 2 et 3 : Sections transversales passant par AB et CD. (*b*, bourrelet en fer à cheval; *can. més.*, canal mésentérique; *c. inc.*, cavité incubatrice; *m. péd.*, manchon pédonculaire; *més.*, mésentère; *or.*, orifice du canal mésentérique; *ov.*, ovaire; *p.*, paroi du sac; *r. cut.*, revêtement cuticulaire; *t.*, testicule).

parallèlement à la paroi, et vient s'ouvrir dans la cavité incubatrice au niveau du pôle non fixé de l'ovaire. Le testicule, sans forme fixe, de teinte grise sur le vivant, moins volumineux que l'ovaire, s'insère lui aussi sur la paroi opposée au pédoncule, mais près du débouché interne du canal mésentérique. La cavité incubatrice occupe tout l'espace compris entre la paroi et les organes reproducteurs.

2° *Étude anatomique. — a. Paroi du corps.* — Les coupes de la paroi du sac montrent, de l'extérieur vers l'intérieur : un revêtement cuticulaire double, souple et lisse; un épithélium externe, fait de cellules cubiques, à gros noyaux renfermant un ou deux nucléoles; un conjonctif mince, dans lequel circulent des fibres musculaires convergeant vers l'orifice externe du canal; un épithélium interne, *non recouvert de cuticule*, formé de cellules très plates à noyaux très petits.

b. Canal mésentérique. — Sur les deux tiers de sa longueur (en partant

de l'orifice externe qu'entoure un sphincter musculaire) le canal, aplati parallèlement à la paroi du corps, n'a qu'une lumière virtuelle sauf, sans doute, lors de la libération des cypris; ses cellules ont les mêmes caractères que celles de l'épithélium externe (présence d'une cuticule), avec lesquelles elles sont d'ailleurs en continuité. Sur le dernier tiers de son parcours, le canal s'élargit et sa lumière s'ouvre; tout revêtement cuticulaire est absent. Au niveau où le canal se jette dans la cavité incubatrice, la paroi interne du corps présente un bourrelet en fer à cheval.

c. Ovaire. — L'épithélium interne qui tapisse toute la paroi du corps se réfléchit pour former l'épithélium ovarien. C'est dans la partie de l'ovaire la plus voisine du mésentère que se multiplient les cellules reproductrices. Les ovocytes mûrs, sphériques (diamètre $= 36\ \mu$ environ), sont pourvus d'un gros noyau excentrique et très chargés en vitellus réparti en granulations réfringentes. Des cellules plus petites, dépourvues de réserves, accompagnent les ovocytes; elles dégénèrent avant la ponte qui nécessite une rupture de l'épithélium ovarien, étant donné l'absence d'oviducte.

d. Testicule. — Le testicule est un massif cellulaire ne possédant ni paroi propre, ni canal déférent. Ses parties superficielles se détruisent à mesure que se libèrent les spermatocytes, dont la maturation s'achève dans la cavité incubatrice. La partie profonde, formée de cellules polygonales de petite taille, à cytoplasme clair, à noyaux fortement colorables uni-nucléolés, est le siège de nombreuses divisions. Les difficultés d'observation de cet organe, lorsque la cavité incubatrice est remplie d'embryons, le caractère cyclique de son activité, la faible dimension de ses cellules, sa structure d'ensemble très aberrante ne m'avaient pas permis jusqu'ici de l'identifier.

L'absence de racines reste sans doute l'une des particularités les plus remarquables de *C. delagei*. Mais cette espèce se singularise également par sa structure anatomique : chez tous les Rhizocéphales précédemment décrits, l'ovaire reste fixé au niveau pédonculaire; l'insertion de l'ovaire à l'opposé du pédoncule caractérise *C. delagei*. Je montrerai ultérieurement que cette disposition curieuse ne se réalise d'ailleurs que secondairement, au cours du développement, l'organisation du sac externe qui vient de poindre étant temporairement, chez *C. delagei*, très proche de celle qui persiste chez les autres Rhizocéphales.

(1) *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 1545.

BIOLOGIE. — *L'organe de Bellonci et le comportement chromatique de* Sphæroma serratum *Fab.* Note de M[lle] **Nicole Pigeault**, présentée par M. Louis Fage.

Le rôle endocrinien de l'organe de Bellonci est mis expérimentalement en évidence chez *Sphæroma serratum* : son ablation entraîne l'étalement des chromatophores noirs.

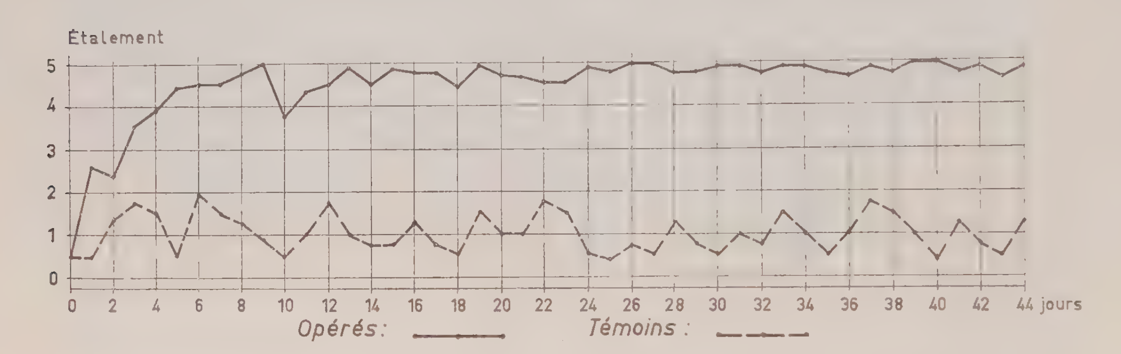
Le contrôle endocrinien des mouvements pigmentaires chez les Crustacés Décapodes a été établi depuis longtemps. De nombreux auteurs se sont penchés sur le même problème chez les Isopodes. En 1956, Knowles et Carlisle [1] ont résumé les principaux résultats obtenus et ont conclu qu'il devait exister, dans la tête des Isopodes, une formation endocrine ou neurocrine dont le produit de sécrétion contracte le pigment noir des chromatophores. Okay [2], chez *Sphæroma serratum*, l'avait localisée au voisinage immédiat de l'œil. Ces conclusions permirent d'émettre l'hypothèse d'une intervention de l'organe de Bellonci dans l'adaptation chromatique. C'est ce qui nous a amené à étudier, chez *S. serratum*, l'effet de l'ablation de cette glande.

L'organe de Bellonci se présente comme une vésicule ovoïde, rattachée par un pédoncule aux lobes optiques. Il a été homologué, anatomiquement par Amar [3], histologiquement par Gabe [4] à l'organe X des Crustacés Décapodes. Il est situé au niveau de la *lamina ganglionaris* près de la glande du sinus qui, en forme de calotte, coiffe la *medulla externa*. La forme même de l'organe de Bellonci en facilite l'extraction. Après perforation de la carapace, en avant de l'œil, il est dégagé des tissus environnants, puis enlevé à l'aide d'une pince fine par rupture au niveau de l'insertion du pédoncule sur le lobe optique. L'ablation des organes de Bellonci se fait en deux temps, sur une bête donnée, la simultanéité des opérations provoquant la mort de l'animal. Les expériences ont été effectuées sur des mâles de 6 à 11 mm de long. Pour rendre les résultats plus comparables, toutes les observations ont porté sur des individus de même type polychromatique (type *albicans*) [5]. Celui-ci présente le pouvoir d'adaptation maximum aux changements de couleur du fond, par le jeu de ses chromatophores dichromes noir et blanc et monochromes noir. A un instant donné, chez un même individu, le degré de dispersion du pigment noir dans les chromatophores n'est pas équivalent sur l'ensemble du corps. Aussi avons-nous toujours examiné la même région (face dorsale du pléotelson).

Les opérés sont placés avec un témoin dans une boîte de Petri, près de la fenêtre. Ils sont maintenus à la température de la pièce et sur fond blanc,

l'eau de mer est renouvelée tous les deux ou trois jours. Des algues constituent leur nourriture.

A une température de 17 à 22°, la mortalité post-opératoire reste dans les limites convenables (moins de 50 %). Elle s'élève rapidement avec la chaleur (100 % à 29-30°). Pour une soixantaine de sujets opérés, la durée de survie a varié d'un à cinq mois. Bien que de fortes variations individuelles existent, on observe, chez les témoins, que la dispersion du pigment sombre à l'intérieur des chromatophores présente un maximum au cours de la matinée et un minimum le soir, après le coucher du soleil.



Au moment de l'opération, les animaux sont clairs. Ils sont alors replacés sur fond blanc. Ils passent par une phase d'assombrissement. Ce dernier, progressif, commence par la région céphalique puis s'étend à l'ensemble du corps, phénomène qui rappelle exactement le processus d'adaptation d'un Sphérome clair au fond noir. Durant les jours qui suivent, l'étalement moyen des chromatophores subit toujours des variations mais de moins grande amplitude que chez les témoins. Au bout d'un certain temps, variable suivant les individus, le pigment noir s'étale de façon permanente.

La courbe représente l'étalement moyen des chromatophores noirs de 20 opérés et 20 témoins observés chaque jour à 18 h 30. L'extension du pigment noir est chiffrée de 0 à 5, le zéro correspondant à l'état de contraction maximum.

Il est intéressant de noter que les individus opérés au stade D d'intermue ne montrent en général aucune réaction pigmentaire définie jusqu'à la mue. Après celle-ci, l'assombrissement du corps devient vite maximum, comme chez les autres opérés.

Ces premiers résultats permettent de considérer l'organe de Bellonci comme le lieu de formation d'une substance qui contracte le pigment noir des chromatophores chez *Sphæroma serratum, albicans*. Des recherches sont en cours pour savoir s'il en est la source unique ou si d'autres organes interviennent dans le phénomène. Nous essayons de déterminer par ailleurs son action sur la fréquence des mues.

(1) G. W. Knowles et D. B. Carlisle, *Biol. Rev.*, 1956, p. 396-473.

(2) *Rev. Fac. Sc. Univ. Istambul*, série B, 9, fasc. 5, 1944, p. 366-386.

(3) *Ann. Fac. Sc. Marseille*, Série II, 20, fasc. III, 1951, p. 167.

(4) *Comptes rendus*, 225, 1952, p. 973.

(5) *Cf.* Ch. Bocquet, C. Lévi et G. Teissier, *Arch. Zool. exp. et gén.*, 87, 1951, p. 245-298, 2 pl.

(*Laboratoire de Zoologie, Institut scientifique chérifien, Rabat, Maroc.*)

GÉNÉTIQUE ÉVOLUTIVE. — *Influence de l'hétérosis sur la vigueur des mâles de* Drosophila melanogaster. Note de M. **Ernest Bösiger**, présentée par M. Maurice Caullery.

La vigueur de mâles hybrides de *Drosophila melanogaster* est étudiée pour plusieurs souches. Il semble que l'effet d'hétérosis qu'on trouve, est de nature purement génétique, et que son intensité est liée au degré d'hétérozygotie des mâles.

Des travaux antérieurs ont montré que l'activité sexuelle des mâles de *Drosophila melanogaster* est plus forte dans des souches assez fraîchement capturées dans des populations naturelles que dans celles qui ont été élevées pendant de longues années au laboratoire; et que des mâles hybrides accusent en F_1 une forte augmentation de leur vigueur par rapport aux souches parentales [1]. Les résultats de cette première étude de l'effet d'hétérosis sur la vitalité des mâles sont exposés dans la présente Note.

Matériel et technique. — La souche *forked* (*f*) est élevée depuis longtemps au laboratoire. La souche *sepia* 532 (*se*) découle d'une seule femelle, hétérozygote pour le gène *sepia*, capturée en 1952 à Banyuls-sur-Mer. Les souches *Aloxe-Corton* (*Al*) et *Montpellier* (*Mo*) (École Nationale d'Agriculture) ont été constituées chacune avec une dizaine de couples, capturés dans ces lieux en 1955.

On obtient une mesure de l'activité sexuelle des mâles en laissant un mâle pendant deux jours en contact avec dix femelles vierges, pour pouvoir déterminer le nombre de femelles fécondées. Les mâles *f* et *se*, peu actifs, furent placés dans des tubes de culture avec six femelles, tous les autres mâles avec dix femelles de la souche *Al*.

Six types de mâles hybrides ont été utilisés, comprenant chaque fois les deux hétérozygotes réciproques :

A. Hybrides entre deux souches dont les mâles sont peu actifs.

B. Hybrides entre une souche avec des mâles peu actifs et une souche avec des mâles très actifs.

C. Hybrides entre deux souches dont les mâles sont très actifs.

Pour la désignation des mâles hétérozygotes la souche maternelle précède la souche paternelle.

Résultats. — Le tableau permet de constater que, de tous les homozygotes, les mâles *Mo* fécondent le plus grand nombre de femelles. Dans chaque groupe un des deux hétérozygotes dépasse légèrement l'activité des mâles *Mo*. L'écart est significatif pour les mâles *Mo/Al* ($P < 0{,}001$), à peine significatif pour les mâles *se/Al* ($P < 0{,}20$) et il n'est pas significatif pour les mâles *f/se* ($P > 0{,}50$). Il est donc possible de constituer, en partant de deux souches « faibles », des mâles hybrides aussi vigoureux qu'en partant d'une souche « faible » et d'une souche « forte ». Le croisement de deux souches « fortes » ne donne pas des résultats sensiblement meilleurs.

	Mâles.		Femelles		
Groupe.	Souche.	Nombre.	non fécond.	fécond.	σ (%).
A....	*Sepia* 532	302	1 299	513	28,31 ± 1,06
	Forked	267	1 221	381	23,78 ± 1,06
	se/f	227	584	1 686	74,27 ± 0,92
	f/se	237	511	1 859	78,43 ± 0,85
B....	*Aloxe-Corton*	296	1 169	1 791	60,50 ± 0,90
	Al/se	272	621	2 099	77,16 ± 0,81
	se/Al	271	563	2 147	79,22 ± 0,78
C....	*Montpellier*	233	524	1 806	77,51 ± 0,87
	Mo/Al	238	430	1 950	81,93 ± 0,79
	Al/Mo	241	652	1 758	72,94 ± 0,91

Ces données ne concernent que des hétérozygotes de première génération. Il pourrait donc s'agir, au moins pour les mâles *se/f* et *f/se*, de ce que Dobzhansky appelle une luxuriance, ou *pseudohétérosis* [2]. Mais la comparaison de la vigueur des mâles de souches élevées pendant de très longues années au laboratoire et de mouches capturées dans des populations naturelles et élevées ensuite pendant 10 à 120 générations en culture de masse au laboratoire, semble bien démontrer que la vigueur des mâles dépend d'une *euhétérosis*, qui s'affaiblit en fonction du nombre de générations d'élevage au laboratoire [1].

Nicoletti et Solima ont trouvé, chez *Drosophila melanogaster*, pour la ponte, l'éclosion et la vitesse de développement, des valeurs qui augmentent graduellement, en passant de la souche *Oregon-R* hautement isogénéisée, par la souche *Oregon-R* maintenue en culture de masse et la souche *Perugia* fraîchement capturée jusqu'à des hétérozygotes [3]. Morpurgo, Nicoletti et Solima pensent que le développement larvaire de la Drosophile est d'autant plus rapide, que le système polygénique qui le détermine, a un degré élevé d'hétérozygotie [4].

On a l'impression que ces effets d'hétérosis et surtout leur intensité dépendent du degré d'hétérogénéité des mouches. Le « tamponnement » efficace qui en résulte pourrait, d'après l'hypothèse de Lerner, conférer

aux larves une bonne résistance contre toute malformation et pourrait ainsi réaliser des organismes particulièrement bien équilibrés et vigoureux ([5]).

L'élimination de l'effet de gènes léthaux récessifs par hétérozygotie n'entre évidemment pas en jeu dans la détermination de l'activité des mâles. D'éventuels gènes de stérilité ont été presque entièrement exclus par le choix des souches. En laissant un mâle avec une femelle vierge de la souche *Oregon-R* pendant 12 jours, dans un tube de culture, on obtient, par accumulation de la stérilité féminine, de la stérilité masculine et d'une éventuelle incompatibilité pour 250 couples par souche : 96,4 % de femelles fécondées pour les mâles *se*; 97,2 % pour les mâles *Mo*; 98 % pour les mâles *Al* et 99,1 % pour les mâles *f*. Le fait que tous les hétérozygotes atteignent à peu près la même vigueur que la souche *Mo*, ainsi que la comparaison antérieure des souches de laboratoire avec les souches provenant de populations naturelles, exclut l'hypothèse d'une stimulation physiologique par union de gamètes.

Dans les groupes A et C, on constate une différence significative ($P < 0{,}001$) entre les deux hétérozygotes réciproques, ce qui semble indiquer une action de facteurs cytoplasmiques.

Conclusions. — Ces expériences apportent des arguments en faveur d'une nature purement génétique de l'hétérosis exposée et d'une relation entre le degré d'hétérozygotie des mâles et l'intensité de l'hétérosis. Il s'agit très probablement d'un système polygénique.

On peut penser que des souches de Drosophiles, qui sont élevées au laboratoire dans des conditions optimales de température, de nourriture et de densité de la population, ne sont plus soumises à une sélection rigoureuse, comme cela existe dans la nature. Ces souches peuvent accumuler jusqu'à un certain point, par mutation spontanée et par isogénéisation, des polygènes qui ont des effets physiologiques défavorables. Ils diminuent graduellement la vigueur de la souche, permettent néanmoins pendant longtemps sa survie dans les conditions d'élevage et mènent parfois à son extinction. L'isogénéisation est sans doute lente grâce aux inversions, qui ne sont pas rares dans les populations naturelles. En croisant deux souches affaiblies, qui ne sont pas parentes, on rétablit l'hétérozygotie pour ces systèmes polygéniques, et ceci probablement pour un assez grand nombre de générations.

(1) *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 1419.
(2) Th. Dobzhansky, in *Gowen*, *Heterosis*, Iowa State College Press, 1952, p. 218.
(3) B. Nicoletti et A. Solima, *Bollett. Zool.* (Italie), 23, 1956, p. 511.
(4) G. Morpurgo, B. Nicoletti et A. Solima, *Suppl. Ricerca Scientifica*, 26, 1956, p. 1 (tirage à part).
(5) M. Lerner, *Genetic homeostasis*, Oliver and Boyd, Edinburgh, 1955.

(Laboratoire de Génétique évolutive et de Biométrie du C. N. R. S., Gif-sur-Yvette, Seine-et-Oise.)

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les nucléotides acido-solubles du lait de Brebis*. Note (*) de MM. **Robert Denamur, Guy Fauconneau** et Mlle **Geneviève Guntz**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Nous avons isolé des nucléotides monophosphates et polyphosphates des quatre bases : adénine, cytosine, guanine, uracile, qui n'avaient pas encore été identifiés dans le lait. Les nucléotides liés à des sucres sont quantitativement les plus importants.

La glande mammaire contient toujours, même après la traite ou la succion, une certaine quantité de lait dans ses acini. L'étude des composés puriques et pyrimidiques de la glande mammaire à différents stades physiologiques nous a donc amenés à préciser la composition nucléotidique du lait. Les travaux relatifs à la présence de nucléotides dans le lait de plusieurs espèces conduisent à des résultats très fragmentaires.

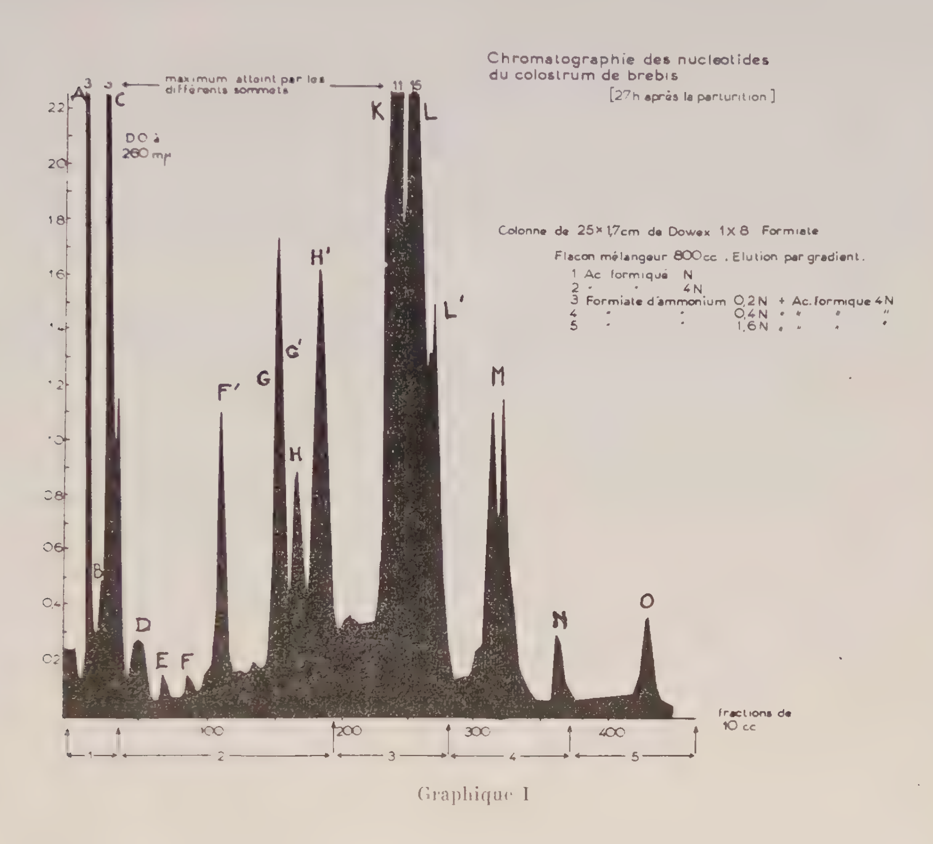
L'agent d'extraction des nucléotides a été choisi après une étude comparative des acides trichloracétique 10 %, perchlorique 0,6 N et de l'alcool 80° acétique. L'alcool acétique extrait mal les nucléotides et plus particulièrement les nucléotides à base de guanine. Par contre, des quantités équivalentes de nucléotides sont obtenues à l'aide des acides perchlorique et trichloracétique, mais les manipulations plus longues résultant de la précipitation du perchlorate de potassium entraînent des hydrolyses plus importantes. Nous avons donc préféré l'acide trichloracétique 10 %. Les extraits trichloracétiques du lait, débarrassés rapidement de cet acide par extraction à l'éther froid, sont ensuite chromatographiés selon Hurlbert et coll. (1).

L'histogramme représentant le fractionnement primaire comprend 18 sommets qui se sont révélés à l'analyse très complexes. Chaque sommet primaire est alors désalifié sur charbon, soumis à un deuxième fractionnement sur colonne à l'aide d'un gradient formiate d'ammonium. L'identification qui n'a porté que sur les sommets du deuxième fractionnement est basée sur les critères employés classiquement pour les nucléotides. En outre, les composés liés aux nucléotides sont libérés par différents types d'hydrolyses acides passés sur échangeurs d'ions, puis soumis à la chromatographie sur papier pour leur identification.

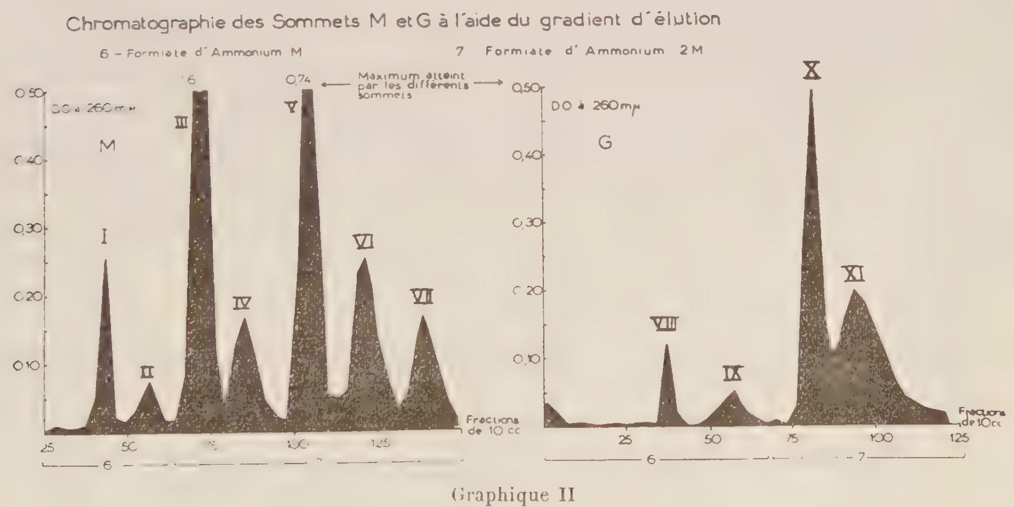
Les fractionnements secondaires contiennent souvent des produits d'hydrolyse consécutifs aux traitements subis entre les deux chromatographies sur colonne. Exemple : dans le fractionnement secondaire du sommet M, l'UMP provient de la dégradation de l'UDP et de l'UDP hexuronique (7).

Les composés suivants ont été identifiés dans les différentes fractions :
A : Le CMP est un composé à base de cytosine.

B : L'acide urique, le diphosphopyridine-nucléotide suivant les stades de lactation, et un composé à base de cytosine.



Graphique I



Graphique II

C : L'AMP et deux composés à base de cytosine et d'adénine.

D : Trois composés à base d'adénine, dont deux diphosphates.

E : Un composé constitué de CDP, comparable par son comportement chromatographique au CDP glycérol de J. Baddiley et coll. (2).

F : L'UMP à peu près pur.

G : L'acide orotique et deux composés qui s'étendent également sur les sommets G′ et H, l'ADP X_1 et l'UDP X_1.

G′ : Principalement l'ADP X_1 et l'UDP X_1, avec un composé fluorescent qu'on retrouve dans les fractions H et H′.

H : Un GDP sucre.

H′ : Trois composés inconnus, le GDP X_1, l'ADP X_2 et l'UDP X_2.

K : L'UDP acétylhexosamine.

L : L'UDP glucose, l'UDP galactose et un composé inconnu l'ADP X_3.

L′ : Le GDP, des UDP- « sucres » mélangés aux UDP glucose et galactose.

M : L'UDP, l'UDP hexuronique, l'ATP et le GDP X_2.

N : Des composés complexes à base d'adénine.

O : Un composé diphosphate à base d'adénine comparable par plusieurs de ses propriétés aux PAPS, isolé par Robbins et Lipman (3).

La présence de nucléotides dans le lait soulève des problèmes intéressants. Il existe une certaine analogie, quant à l'importance relative des uridines nucléotides isolés de la glande mammaire de Vaches et de Chèvres par Manson (4) et ceux isolés par nous du lait de Brebis. Par contre, certains nucléotides du lait n'ont pas encore été identifiés dans la glande mammaire. Les nucléotides du lait trouveraient leur origine dans la nature complexe du phénomène sécrétoire; ainsi, Morton (5) a isolé des particules lipoprotéiques assimilables à des microsomes, et Mc Geown et Malpress (6) des composés phosphorés du métabolisme intermédiaire de la glande. Les éléments figurés du lait pourraient être également une source de nucléotides, bien que des centrifugations atteignant 5 000 g ne diminuent pas sensiblement les nucléotides totaux.

Enfin, par analogie avec le rôle connu de l'UDP glucose dans la synthèse du lactose, il est intéressant de rapprocher la présence de plusieurs nucléotides liés à des sucres, de celle des oligosaccharides et des glyco-protéines dans le lait.

(*) Séance du 13 janvier 1958.

(1) R. B. Hurlbert, H. Schmitz, A. F. Brumm et V. R. Potter, *J. Biol. Chem.*, 209, 1954, p. 23.

(2) J. Baddiley, J. G. Buchanan, B. Carss, A. P. Mathias et A. R. Sanderson, *Biochem. J.*, 64, 1956, p. 599.

(3) P. W. Robbins et F. Lipman, *J. Amer. Chem. Soc.*, 78, 1956, p. 2652.

(4) W. Manson, *Biochem. Biophys. Acta*, 19, 1956, p. 398.

(5) R. K. Morton, *Biochem. J.*, 57, 1954, p. 231.

(6) M. G. Mc Geown et F. H. Malpress, *Biochem. J.*, 52, 1952, p. 606.

(7) A, adénosine; C, cytidine; G, guanosine; U, uridine; MP, monophosphate; DP, di-

phosphate; TP, triphosphate; X_1, X_2, X_3, composés liés en voie d'identification; PAPS, adénosine 3'-phosphate-5' phosphate sulfate.

(*Institut National de la Recherche agronomique, Jouy-en-Josas, Seine-et-Oise.*)

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence du solvant sur la mutarotation des sucres : Cas de l'acide formique*. Note de Mme **Andrée de Grandchamp-Chaudun**, présentée par M. René Fabre.

En solution dans l'acide formique pur, les sucres réducteurs, glucose, fructose, galactose, maltose, subissent une modification profonde; il y a formation d'esters formiques assez instables, se transformant les uns dans les autres au cours du temps.

On sait que la vitesse de mutarotation des sucres réducteurs, aussi bien que la valeur du pouvoir rotatoire limite, une fois l'équilibre optique réalisé, dépendent du solvant utilisé.

Les résultats obtenus en comparant l'influence de différents sels neutres (1) ainsi que celle des mélanges d'eau et de divers alcools (2) sur la mutarotation du glucose, du fructose, du galactose et du maltose nous permettent d'affirmer qu'en dépit des divergences observées quant au sens et à l'ampleur du phénomène, il s'agit dans tous les cas étudiés d'une simple isomérisation, les formes α et β se transformant l'une dans l'autre; et, si la vitesse de cette transformation varie d'un solvant à un autre, elle correspond toujours à une réaction du premier ordre (3).

Il en va tout autrement lorsqu'on prend pour solvant l'acide formique pur. Le tableau ci-dessous indique les variations au cours du temps du pouvoir rotatoire d'une solution obtenue en dissolvant 2 g de glucose anhydre dans 20 ml d'acide formique; la première lecture (temps 0) est faite 5 mn après le début du contact, aussitôt la dissolution terminée.

Temps (mn).	$[\alpha]_D$.	Temps (h).	$[\alpha]_D$.
0	+80,17	2	+91,50
5	78,83	3	93,18
10	77,33	15	105,16
15	77,00	21	109,00
30	79,50	27	110,50
45	82,17	45	115,83
60	84,50	66	115,87
75	86,85	90	115,87
90	88,66	110	115,88

Comme on le voit, le pouvoir rotatoire diminue d'abord, puis augmente progressivement pour atteindre après 3 jours une valeur très supérieure

à celle qu'on observerait pour le sucre dissous dans l'eau; par ailleurs, la cinétique de la réaction est différente de celle d'une réaction du premier ordre.

Les résultats ne sont pas différents pour le fructose, le galactose, le maltose; les pouvoirs rotatoires égaux respectivement à + 91,34 et + 125,62 pour le galactose et le maltose 15 mn après le début de la dissolution, atteignent après 3 jours les valeurs + 152,10 et + 175,52 (au lieu de + 80 et + 126 en solution aqueuse). Quant au fructose, son pouvoir rotatoire égal à — 100,51 après 5 mn passe à — 31,64 après 24 h et revient à — 47,58 au bout de 3 jours pour une température de 20°.

La conclusion est nette : pour chacun des quatre sucres dissous dans l'acide formique, le plan de polarisation de la lumière est, par rapport aux solutions aqueuses, fortement déplacé dans le sens des arcs croissants. Il convient d'ajouter que, contrairement à ce qu'on observe dans les solutions aqueuses (pour lesquelles la teneur en sucre n'intervient pas), le pouvoir rotatoire est, dans l'acide formique, fonction décroissante de la concentration en sucre. C'est ainsi qu'après 5 jours de contact du glucose avec l'acide formique, le pouvoir rotatoire atteint les valeurs suivantes :

Glucose (%)...	0,5.	1.	2.	5.	7,5.	10.	15.
$[\alpha]_D$.............	125,2	123,7	122,1	121,0	119,4	115,6	109,3

L'ensemble de ces résultats conduit à penser qu'il s'agit ici, non plus d'une simple transformation isomérique des formes α et β l'une dans l'autre, mais d'une modification profonde de la molécule.

Nous avons soumis à la technique chromatographique les solutions dans l'acide formique des quatre sucres préparées depuis 3 jours (chromatographie descendante, papier Whatman 1, solvant butanol, éthanol, eau, 4 : 5 : 1). Les chromatogrammes révélés à la β-naphtylamine indiquent la formation d'au moins quatre corps, migrant plus vite que le sucre initial. Ces corps sont élués par le propanol; l'éluat évaporé sous vide phosphorique laisse un résidu sirupeux qu'on reprend par quelques millilitres de propanol en présence de CO_3Ca pour neutraliser les traces d'acide formique qui pourraient subsister; après centrifugation et évaporation sous vide phosphorique du surnageant, on reprend par SO_4H_2 au 1/20e; après 30 mn de contact, on ajoute de la poudre de magnésium jusqu'à fin de réaction; on introduit alors dans la solution quelques cristaux d'acide chromotropique avec de l'acide sulfurique dilué; on chauffe 10 mn au bain-marie à 60° et l'on obtient la coloration rose-violette caractéristique de l'aldéhyde formique.

L'action de l'acide formique agissant à froid sur les sucres réducteurs se traduit donc par la formation d'esters formiques de ces sucres. Ces esters sont d'ailleurs peu stables et se transforment les uns dans les autres au

cours du temps. Nous donnerons ultérieurement quelques précisions sur ces transformations.

(1) MURSCHAUSEN, *Biochem. Z.*, 136, 1923, p. 66; BROWNE et ZERBAN, *Sugar Analysis*, p. 272; A. DE GRANDCHAMP-CHAUDUN, *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 1564.
(2) A. DE GRANDCHAMP-CHAUDUN, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 321.
(3) A. DE GRANDCHAMP-CHAUDUN, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 973.

PHARMACOLOGIE. — *Mise en liberté simultanée de substances choliniques et adrénaliniques par stimulation électrique du duodénum isolé de Rat.* Note de Mlle **JEANNE LÉVY**, Mme **ESTERA MICHEL-BER** et M. **JEAN TIMSIT**, présentée par M. Léon Binet.

La stimulation électrique du duodénum isolé de Rat, par un courant alternatif de 50 périodes (8 V), provoque des variations de tonus dont les caractères ont été analysés. Les méthodes pharmacodynamiques utilisées permettent de supposer que ces réponses sont la conséquence d'une mise en liberté simultanée de substances choliniques et adrénaliniques.

Technique. — Nous avons utilisé, pour l'excitation électrique du duodénum isolé de Rat, immergé dans 100 ml de liquide de Tyrode maintenu à 39°, le dispositif suivant : l'électrode active, sur laquelle est plantée une extrémité de l'organe, est constituée par un fil de nickel chrome qui traverse un tube de verre recourbé deux fois à angle droit et effilé. Ce tube sert également à faire traverser le bain par un courant d'air régulier. L'autre extrémité du duodénum est reliée au moyen d'un fil à un levier amplificateur et enregistreur. La deuxième électrode indifférente est placée directement dans le bain de liquide de Tyrode.

Les stimuli sont fournis par un transformateur qui débite un courant de 50 périodes sous une tension de 8 V. La durée de l'excitation est de 6 à 10 s. Les excitations sont répétées toutes les 5 mn.

Dans ces conditions, la réponse aux stimuli se traduit suivant les organes, tantôt par une action dépressive, tantôt par une action contracturante, tantôt par une action biphasique (dépressive, puis contracturante ou contracturante, puis dépressive). La réponse particulière obtenue sur un fragment déterminé d'intestin est reproductible, sur le même organe, le temps nécessaire à l'analyse pharmacologique.

Caractères cholinergiques de l'action contracturante. — L'effet spasmogène provoqué par l'excitation est inhibé par le sulfate d'atropine (5 à 10.10^{-8}), maintenu pendant 5 à 10 mn dans le bain avant le passage du courant. Il est potentialisé sous l'influence du sulfate d'ésérine (5.10^{-8}), maintenu pendant 5 à 10 mn dans le bain avant le passage du courant; à ces concentrations, l'ésérine ne potentialise pas au même degré l'acétylcholine

exogène introduite dans le bain de Tyrode (*fig.*). Ces faits plaident en faveur du caractère cholinergique de l'action contracturante.

Caractères adrénergiques de l'action dépressive. — Le chlorhydrate d'yohimbine (2 à 5.10^{-6}) et le tartrate d'ergotamine (1 à 2.10^{-6}), maintenus pendant 5 à 15 mn dans le bain avant le passage du courant, diminuent ou suppriment les effets dépresseurs provoqués par l'excitation électrique, comme ils diminuent ou suppriment les effets de l'adrénaline additionnée au bain de Tyrode. Ces faits plaident en faveur du caractère adrénergique de l'action dépressive.



Duodénum isolé de Rat, maintenu en survie dans 100 ml de liquide de Tyrode.

En S : stimulation électrique, 8 V, durée 6 s.
» E : administration de 5 μg de sulfate d'ésérine pendant 5 mn.
» AC : administration de 5 μg de chlorure d'acétylcholine.
» AT : administration de 5 μg de sulfate d'atropine pendant 5 mn.
» L : lavage.

Discussion. — Paton [1] a utilisé l'iléum isolé de Cobaye excité électriquement par des impulsions rectangulaires d'une durée de quelques millisecondes et a obtenu des effets spasmogènes qu'il attribue à l'excitation des fibres post-ganglionnaires cholinergiques. Andral et Blaizot [2], dans des conditions d'excitation électrique voisines de celles que nous avons utilisées, établissent un parallélisme entre la sensibilisation de l'intestin de Rat à l'acétylcholine exogène et à la stimulation électrique.

Nos résultats se différencient des précédents, puisque nous avons mis en évidence non seulement des effets spasmogènes, mais aussi des effets dépresseurs, comme l'avait déjà obtenu Munro [3] par excitation électrique des nerfs périartériels de l'iléum isolé distendu de Cobaye.

Quels que soient les effets enregistrés, ils sont complexes. Nous avons pu

mettre en évidence leur double caractère adrénergique et cholinergique. Une composante peut parfois être dissimulée avec certains duodénums; elle peut réapparaître sous l'influence de réactifs pharmacologiques appropriés. C'est ainsi qu'une action uniquement contracturante est transformée en action dépressive ou biphasique par administration préalable de sulfate d'atropine (*fig.*) et qu'une action purement dépressive est transformée en action contracturante par administration soit d'adrénolytiques, notamment de tartrate d'ergotamine, soit de sulfate d'ésérine (*fig.*).

Pour interpréter ces faits expérimentaux, nous avons admis que l'excitation électrique, effectuée dans les conditions ci-dessus décrites, provoque, dans le duodénum de Rat, une décharge simultanée de substances choliniques et adrénaliniques (4). L'action enregistrée est la résultante de deux effets antagonistes, dépresseur et spasmogène, sur des récepteurs périphériques respectivement cholinergiques et adrénergiques.

(1) W. D. PATON, *Brit. J. Pharmacol.*, 12, 1957, p. 119.

(2) A. M. ANDRAL et J. BLAIZOT, *Arch. Sc. Physiol.*, 8, 1954, p. 349.

(3) MUNRO, *J. Physiology*, Londres, 120, 1953, p. 41. Cet auteur a suggéré que l'excitation des nerfs périartériels de l'iléum isolé et distendu de Cobaye peut provoquer des réponses cholinergiques et adrénergiques, sans toutefois apporter une démonstration irréfutable du double caractère des effets obtenus.

(4) Nous étudions actuellement le mécanisme suivant lequel ces substances sont mises en liberté.

CANCÉROLOGIE. — *Production de cancers multiples chez des souris* AkR *ayant reçu un extrait leucémique a-cellulaire isologue*. Note de MM. **RAYMOND LATARJET** et **MARIO DE JACO**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

Un extrait *a*-cellulaire de leucémie AkR, injecté à des nouveaux nés AkR d'une même portée, a provoqué chez les cinq survivants, entre 80 et 130 jours, le développement de cancers multiples à formes et localisations diverses.

L'extrait *a*-cellulaire de leucémie Ak est leucémogène lorsqu'on l'injecte à des nouveau-nés isologues (Ak) ou homologues histocompatibles (C_3 H). Chez C_3 H il produit — avec une fréquence qui dépend beaucoup de la sous-lignée réceptrice — des leucémies de type immunogénétique C_3 H, et, plus rarement, des tumeurs polymorphes de la glande parotide (1). Chez Ak, il augmente la fréquence de la leucémie et en accélère l'apparition (2); il y provoque en outre, assez rarement, des tumeurs salivaires (3). Fait remarquable, aucune tumeur de ce dernier type n'a jamais été observée à l'état spontané, chez Ak. Enfin, des extraits de lymphosarcomes Ak greffés préparés dans une solution aqueuse de saccharose 0,9 M, ont provo-

qué chez des souris Ak la formation de sarcomes et de tumeurs épithéliales (salivaires, mammaires, pulmonaires) [4].

La présente observation se rapporte à un extrait préparé le 4 mars 1957 à partir d'une « banque » de tissus (rate, ganglions, thymus, cerveau, foie) leucémiques Ak provenant de plusieurs leucémies spontanées, et maintenus pendant un mois à la glacière à — 20° C; 4 g de ces tissus, finement hâchés, puis broyés au mortier, furent dilués au 1/5e dans un tampon citrate 0,14 M à pH 7,1, puis centrifugés 10 mn à 1400 g. Le surnageant fut recueilli et centrifugé 15 mn à 7 000 g. Le surnageant final, considéré comme l' « extrait », fut injecté aussitôt à huit nouveau-nés Ak âgés de 8 h, appartenant à la même portée. Des expériences témoin qui seront rapportées ailleurs montrèrent que cet extrait non filtré ne contenait très probablement aucune cellule leucémique intacte.

Deux animaux moururent le premier jour; un troisième mourut à l'âge de 100 jours sans néoplasie apparente. Les cinq autres développèrent précocement de multiples tumeurs malignes (tableau). Ils furent sacrifiés pour autopsie et prélèvements histologiques à la période agonique.

Souris nº	Sexe.	Jour du sacrifice.	Poids (g).	Leucémie lymphoïde généralisée.	Tumeurs sous-cutanées.	Tumeurs pulmonaires.	Tumeurs salivaires.
1........	♀	80	12	+	+	+	+
2........	♀	80	18	+	+	+	++
3........	♂	118	20	+	—	+	++
4........	♂	118	19	+	+	+	+
5........	♂	130	20	+	—	+	+

++, bilatérales.

Les examens cliniques et histologiques ont permis de reconnaître si les diverses tumeurs présentées par un même animal sont, ou non, primitives, c'est-à-dire indépendantes.

a. Les leucémies sont du type lymphoïde habituel chez la Souris Ak. Chez les deux animaux sacrifiés à 80 jours, le processus leucémique se trouve encore à un stade précoce, caractérisé par des manifestations lymphosarcomateuses au niveau du thymus et de ganglions, plus discrètes dans la rate, et encore absentes au niveau du foie. Chez les trois autres animaux, plus âgés, le développement lymphosarcomateux est plus avancé, dans le thymus notamment.

b. Les tumeurs salivaires sont primitives. Il s'agit exclusivement de tumeurs à structure polymorphe de la glande parotide, semblables à celles qui ont été déjà décrites [1], [3], [5] lorsqu'elles surviennent seules.

c. Les tumeurs sous-cutanées sont : chez la Souris nº 1, un épithéliome mammaire présentant en particulier une structure à grandes villosités

centrées sur des axes fibroconjonctifs. Cette tumeur, indiscutablement primitive, a donné une volumineuse métastase dans un ganglion médiastinal et des métastases pulmonaires. Chez la Souris n° 2, il s'agit encore d'un adénocarcinome mammaire primitif à structure polymorphe. Des colorations de Mann, pratiquées sur ces deux tumeurs par F. Zajdela, ont démontré l'absence de corps d'inclusion tels qu'on en trouve dans certaines tumeurs mammaires à agent de Bittner. La tumeur survenue chez le mâle n° 4 est d'un type plus inhabituel. Il semble s'agir d'un épithélioma cutané ayant son origine au niveau d'une formation annexe probablement pilosébacée.

d. Les tumeurs pulmonaires, exception faite des métastases mammaires de la Souris n° 1, ont l'aspect macroscopique lenticulaire (diamètre de 1 à 3 mm) habituel aux épithéliomas alvéolaires de la Souris. Ce sont des tumeurs primitives, de malignité variable depuis l'adénome (Souris n° 2) jusqu'au carcinome (Souris n° 3). Outre un adénocarcinome primitif, l'animal n° 4 présente un début d'envahissement lymphosarcomateux périvasculaire.

On est ainsi amené à conclure que cet extrait leucémique, injecté à des nouveau-nés isologues, a provoqué chez ceux-ci, dans de brefs délais, une cancérose à évolution rapide qui s'est manifestée simultanément dans des organes et tissus différents du même animal.

(1) L. Gross, *Proc. Soc. exp. Biol. Med.*, 76, 1951, p. 27.
(2) G. Rudali, J. F. Duplan et R. Latarjet, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 837.
(3) A. D. Dulaney, *Cancer Research*, 16, 1956, p. 877.
(4) R. Rogel et G. Rudali, *Bull. Cancer*, 44, 1958 (sous presse).
(5) S. E. Stewart, *J. nat. Cancer Inst.*, 16, 1955, p. 41.

A 15 h 30 l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 h 5 m.

R. C.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de décembre 1957.

Les grands problèmes des sciences. VII. *La théorie de la mesure en mécanique ondulatoire* (*Interprétation usuelle et interprétation causale*), par Louis de Broglie. Paris, Gauthier-Villars, 1957; 1 fasc. 24 cm.

History of entomology in World War II, by Emory C. Cushing. Washington, Smithsonian Institution, 1957; 1 vol. 21 cm.

A Ciba foundation Symposium. *Drug resistance in micro-organisms. Mechanism of Development*, by G. E. W. Wolstenholme and Cecilia M. O'Connor. London, J. and A. Churchill Ltd, 1957; 1 vol. 21 cm.

XIXe Congrès géologique international. *Symposium sur les gisements de fer du Monde*, par Fernand Blondel et L. Marvier. Tomes I, II et *Atlas*. Alger, 1952; 3 vol. 27 cm.

Id. *Symposium sur les séries de Gondwana.* Contributions réunies par Curt Teichert. Alger 1952; 1 vol. 27 cm.

Id. *Monographies régionales*, 3e série : *Maroc* n° 1 : *Géologie des gîtes minéraux marocains*, par J. Agard, J. Bouladon, J. Destombes, O. Horon, A. Jeannette, G. Jouravsky, R.-G. Lévy, Ph. Morin, R. Moussu, B. Owodenko, F. Permingeat, E. Raguin, H. Salvan, W. Van Leckwijck; n° 2 : *L'industrie minière du Maroc* (*zone française*), par L. Eyssautier; n° 3 : *Aspects de la géomorphologie du Maroc*, par J. Dresch, M. Gigout, F. Joly, J. Le Coz, R. Raynal; n° 4 : *Hydrogéologie du Maroc* (*zone française*), par R. Ambroggi, Ed. Bolelli, R. Bourgin, G. Choubert, J. Margat, M. Nérat de Lesguisé, A. Robaux, H. Roederer, E. Stretta, P. Taltasse, G. Thuille; n° 5 : *Géologie appliquée aux grands travaux du Maroc* (*zone française*). Fasc. I : *Les aménagements de l'Oued el Abid*, par P. Lévêque. Fasc. II : *Étude de quelques emplacements de barrage*, par P. Lévêque; n° 6 : *Géologie du Maroc.* Fasc. I, 1re partie : *Aperçu structural*, par G. Choubert, J. Marçais. 2e partie *Histoire géologique du domaine de l'Anti-Atlas*, par G. Choubert. Rabat, 1952 et 1954; 7 vol. 25 cm.

Id. Commission de stratigraphie. *Lexique stratigraphique international.* Vol. I : *Europe* (sous la direction de Pierre Pruvost). Fasc. 4, *France, Belgique, Pays-Bas, Luxembourg.* Fasc. 4 *a*, VIII, *Antécambrien à Tertiaire. Généralités.* Fasc. 6 *b*, *Tchécoslovaquie.* Fasc. 13 *b*, *Bulgarie.* Vol. IV. *Afrique* (sous la direction de R. Furon). Fasc. 8 *c*, *Tanganyika.* Paris, C. N. R. S., 1957; 4 vol. 21 cm.

Id. *Monographies régionales.* 1re série, *Algérie*, tomes I à III; 2e série : *Tunisie. Alger*, 1952; 4 vol. 25 cm.

Id. *Liste des géologues du monde invités à assister au XIXe Congrès géologique international.* Alger, 1952; 1 vol. 21,5 cm.

Id. *Atlas photographique d'Algérie.* Alger, 1952; 1 vol. 27,5 cm.

Id. *Comptes rendus de la dix-neuvième session.* Alger, 1952; Section I, *Les subdivisions et les corrélations de l'Antécambrien*, fasc. I, 1953. Section II, *La paléozoique nord-africain et ses corrélations avec celui des autres régions du monde*, fasc. II, 1953. Section III, *Mécanique de la déformation des roches.* Influence sur les conceptions tectoniques, fasc. III, 1953. Section IV, *Topographie sous-marine et sédimentation actuelle*, fasc. IV, 1953. Section V, *Les préhominiens et les hommes fossiles. Commission pour l'homme fossile. Catalogue des hommes fossiles*, fasc. V, 1953. Section VI, *La genèse des roches filoniennes (à l'exclusion des filons métallifères)*, fasc. VI, 1953. Section VII, *Déserts actuels et anciens*, fasc. VII, 1953. Section VIII, *L'hydrogéologie des régions arides et sub-arides*, fasc. VIII, 1953. Section IX, *Contribution de la géophysique à la géologie*, fasc. IX, 1954. Section X, *La genèse des gîtes de fer*, fasc. X, 1953. Section XI, *Origine des gisements de phosphates de chaux*, fasc. XI, 1953. Section XII, *Questions diverses de géologie appliquée*, fasc. XII, 1954. Section XIII, *Questions diverses de géologie générale.* Première partie. *Stratigraphie et Sédimentation*, fasc. XIII. 1954. Deuxième partie. *Bassins sédimentaires, tectonique et cartographie*, fasc. XIV, 1954. Troisième partie. *Paléontologie stratigraphique, quaternaire et pétrographie*, fasc. XV, 1954. Section XIV, *Les champs de pétrole des régions mésogiennes*, fasc. XVI, 1953. Section XV, *La paléovolcanologie et ses rapports avec la tectonique*, fasc. XVII, 1954. C. I. P. E. A. *Comité international pour l'étude des argiles*, fasc. XVIII, 1953. U. P. I. *Union paléontologique internationale* fasc. XIX, 1954. A. S. G. A. *Association des services géologiques africains.* Première partie. *Général, Précambrien et Primaire ancien*, fasc. XX, 1954. Deuxième partie. *Questions diverses et Annexes*, fasc. XXI, 1954. *Généralités. Historique, liste des membres, Assemblée générale, Conseil, Commissions, Tables*, fasc. XXII, 1956. Alger; 22 vol. 27 cm.

Carte géologique de l'Algérie (2e édition), à l'échelle de 1/500 000e. *Oran Nord* et *Sud*, *Alger Nord* et *Sud*, *Constantine Nord* et *Sud*, éditée en 1951-1952, par G. Bétier, R. Laffitte, L. Royer, H. Termier. 6 planches 114,5 × 75,5 cm.

Carte géologique du Nord-Ouest de l'Afrique. Sahara central. Sahara occidental, à l'échelle du 1/2 000 000e dressée par M. Lelubre, R. Karpoff, J. Follot, P. Bordet, J. Bourcart, A. Cornet, M. Dalloni, A. Desio, J. Freulon, C. Kilian, Albert F. de Lapparent, J. Lefranc, N. Menchikoff, A. Meyendorff, Théodore Monod, Ph. Renault. 2 pl. 105 × 62 cm.

Id. *Algérie-Tunisie* et *Maroc-Algérie Ouest*, à l'échelle du 1/2 000 000e dressée par J. Marçais, G. Suter, G. Choubert, R. Laffitte. 2 pl. 108 × 73 cm.

René-Antoine Ferchault de Réaumur (1683-1757), by Douglas Mc Kie, in *Science Progress*, n° 180, 1957; 1 fasc. 23,5 cm.

Gedenkboek van de Rijksuniversiteit te Gent na een Kwarteeuw vervlaamsing (1930-1931, 1955-1956). Gent, Rijksuniversiteit Voldersstraat, 1957; 1 vol. 27 cm.

Undersøgelser over unge Kvinders sexuelle adfaerd, of Kirsten Auken. København, Rosenkilde og Bagger; Oslo, Olaf Norlis Bokhandel; Stockholm, Almqvist and Wiksell, 1953, 1 vol. 21,5 cm.

Annuaire pour l'An 1958, publié par le BUREAU DES LONGITUDES, avec un *Supplément pour l'An* 1959. Paris, Gauthier-Villars, 1957; 1 vol. 19 cm.

Quelques souvenirs d'autrefois. Relation d'un voyage en Extrême-Orient 1902-1904, par LUCIEN CAVEL. Créteil, 1957; 1 fasc. 21 cm.

L'Accademia nazionale dei Lincei, par MAURO PICONE. Roma, Tipografia del Senato, 1957; 1 fasc. 31 cm (présenté par M. René Garnier).

Comptes rendus des Journées internationales de sciences aéronautiques 27-29 mai 1957 à Paris, 1re et 2e parties. Paris, Office national d'études et de recherches aéronautiques, 1957; 1 vol. 27 cm (présenté par M. Maurice Roy).

L'École centrale des arts et manufactures 1829-1954. Paris, 1957; 1 vol. 31 cm (présenté par M. Georges Poivilliers).

Cœur et Circulation chez Mollusques et Poissons. Médiateurs chimiques. Divers, par ANTOINE JULLIEN et JEAN RIPPLINGER. Tirages à part réunis en 3 vol. 27,5 cm.

Lokal anaestetika experimentelle undersøgelser over den anœtetiske og toksiske virkningsmekanisme, with an english Summary of JENS CHR SKOU. Thèse, Aarhus Universitet, 1940; 1 fasc. 25 cm.

Roczniki akademii medycznej im. Juliana Marchlewskiego w Biatymstoku. Rok I, 1955. Bialystok, Nakladem Akademii Medysznej im. Juliana Marchlewskiego, 1955-1956; 1 vol. 25,5 cm.

(*A suivre.*)